UNIVERSITÉ DE TOULOUSE
FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
ANNÉE 1970 N° 150

MASSE GRASSE CORPORELLE ET APTITUDES SPORTIVES

ÉTUDE RÉALISÉE CHEZ DES ÉLÈVES PROFESSEURS DE L'INSTITUT RÉGIONAL D'ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE DE TOULOUSE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement en Juillet 1970

PAR

Monique PONSAN-BESSOU

MEMBRES DU JURY

MM. BRU	*Président*
BOULARD, HURON, MONTASTRUC	*Assesseurs*
GARRIGUES	*Suppléant*

J.-F. Éditions-Impressions
14, rue Idrac — Toulouse

MASSE GRASSE CORPORELLE ET APTITUDES SPORTIVES

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546518_0031

UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

TABLEAU DU PERSONNEL

Doyen : M. LAZORTHES.
Assesseur (Médecine) : M. MONNIER.
Assesseur (Pharmacie) : M. BREUILLAUD.
Doyens honoraires : MM. GORSE, CALVET, BRUSTIER.
Professeurs honoraires : MM. VALLOIS, TAPIE, DELAS, RISER, BUGNARD, VINCENT, MOREL, BOUISSET, CALMETTES, THOMAS, LAGROT, DULUCQ.

SECTION MÉDECINE

Clinique médicale et cardiologie	M. MÉRIEL
Clinique médicale sud	M. GADRAT
Clinique chirurgicale	M. FICAT
Clinique chirurgicale et Gynécologie	M. FAVRE Pierre
Clinique chirurgicale et du Cancer	M. GRIMOUD
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	M. PASQUIÉ
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique	M. RIEUMAU
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire	M. ENJALBERT
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	M. BAZEX
Clinique des maladies des voies urinaires	M. LHEZ
Clinique des maladies infectieuses	M. N...
Clinique médicale infantile et puériculture	M. SOREL
Clinique médicale de la première enfance	M. BARDIER
Clinique de neuro-chirurgie	M. LAZORTHES
Clinique neurologique et psychiatrique	M. GÉRAUD
Clinique obstétricale	M. PONTONNIER
Clinique odonto-stomatologique	M. CADENAT
Clinique ophtalmologique	M. N...
Clinique O.R.L. et chirurgie maxillo-faciale	M. CALVET
Clinique de pneumo-phtisiologie	M. DELAUDE
Clinique rhumatologique	M. RUFFIÉ René
Accouchement et obstétricie sociale	M. JAHIER
Anatomie	M. BASTIDE
Anatomie appliquée	M. POULHES
Anatomie pathologique	M. FABRE Jacques
Anesthésie et réanimation	M. LARENG
Bactériologie et virologie	Mme ENJALBERT
Biophysique médicale A	M. AUVERGNAT
Biophysique médicale B	M. BRU
Chimie biologique	M. VALDIGUIÉ Paul
Electro-radiologie	M. MARQUÈS
Embryologie générale	M. BROUSSY Jean
Hématologie	M. RUFFIÉ Jacques
Histologie	M. BIMES
Hydrologie thérapeutique et climatologie	M. DARNAUD
Hygiène et Médecine sociale	M. MONNIER
Immunologie	M. DUCOS
Médecine légale et médecine du travail	M. PLANQUES
Pathologie chirurgicale	M. DAMBRIN
Pathologie générale et médecine expérimentale	M. SENDRAIL
Pathologie médicale	M. RIBAUT
Physiologie	M. LAPORTE Yves
Physiologie appliquée et pharmacologie	M. BAISSET
Sémiologie et clinique médicale	M. LAPORTE Jacques
Thérapeutique	M. DARDENNE

PROFESSEURS A TITRE PERSONNEL

Histologie et Embryologie	M. GUILHEM
Anatomie pathologique	M. BOUISSOU
Biochimie médicale	M. DOUSTE-BLAZY
Histologie et Embryologie	M. PLANEL
Maladies infectieuses	M. ARMENGAUD
Oto-Rhino-Laryngologie	M. CLAUX
Pathologie Médicale	M. BOULARD
Physiologie	M. MONTASTRUC
Physiologie	M. BESSOU
Physique Médicale	M. COMMANAY
Pneumo-Phtisiologie	M. MIGUÈRES

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Anatomie pathologique	M. FAVRE Jean
Bactériologie, parasitologie, virologie	Mme LARENG
Biochimie médicale	M. VALDIGUIÉ (P.)
Chirurgie générale	M. GÉDÉON
Chirurgie générale	M. SARRAZIN

Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire	M. Eschapasse
Electro-radiologie	M. Pons
Electro-radiologie	M. Roulleau
Médecine générale et hérapeutique	M. Bollinelli
Ophtalmologie	M. Deodati
Pédiatrie	M. Dalous
Neuro-Chirurgie	M. Espagno Jacques
Médecine générale et thérapeutique	M. Suc
Pédiatrie	M. Régnier
Médecine générale	M. Ribet

MAITRES DE CONFÉRENCES AGRÉGÉS

Carcinologie	M. Estrade
Médecine générale et thérapeutique	M. Bès
Pathologie expérimentale	M. Gleizes
Médecine générale	M. Arlet Jacques
Thérapeutique, Réanimation médicale, Rééducation fonctionnelle et Hydrologie	M. Salvador (M.)
	M. Combes Pierre
Radiologie	M. Albarède (J.-L.)
Pneumo-Phtisiologie	M. Rochiccioli (P.)
Pédiatrie génétique médicale	M. Escat Jean
Chirurgie générale	M. Costagliola
Orthopédie, Traumatologie, Chirurgie Plastique et Reconstructive	M. Utheza Guy
Urologie	M. Pontonnier (F.)
Histologie, Embryologie, Cytogénétique	M. Soleilhavoup J.-P.
Biophysique	M. Guiraud Robert
Physiologie	M. Pages Bernard
Parasitologie	M. Larrouy
Immunologie, Hématologie du Sang	M. Bierme Robert
Anatomie et organogénèse	M. Juskiewenski (S.)

AGRÉGÉS

Médecine générale	M. Calazel
Médecine générale	M. Rascol
Médecine générale	M. Le Tallec
Chirurgie générale	M. Gaubert
Dermato et syphiligraphie	M. Dupré
Hydrologie	M. Denard
Médecine légale	M. Grezes-Rueff
Neurologie et Psychiatrie	M. Gayral
Obstétrique	M. Espagno Guy
Ophtalmologie	M. Bec

AGRÉGÉS LIBRES

Chirurgie générale	M. Souquet
Pathologie chirurgicale	M. Dieulafé

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE

Psychiatrie	M. Laboucarié

SECTION PHARMACIE

Botanique et cryptogamie	M. N...
Chimie analytique	M. Pitet
Toxicologie, Hygiène industrielle et Hydrologie	M. Bourbon
Chimie pharmaceutique	M. Blanc
Microbiologie	M. Breuillaud
Pharmacie chimique et pharmacodynamie	M. Caujolle
Pharmacie galénique et matière médicale	M. Stanislas
Physiologie, zoologie et parasitologie pharmaceutique	M. Roux

PROFESSEURS A TITRE PERSONNEL

Pharmacie	M. Couturier
Sciences naturelles	Mme Caujolle
Toxicologie	M. Broussy (G.)

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Chimie organique	M. Bertrand
Zoologie	M. Gayrel

MAITRES DE CONFÉRENCES AGRÉGÉS

Botanique	Mme Lascombes
Microbiologie	M. Michel (G.)
Pharmacodynamie	M. Cros Jean
Physiologie	M. Dumas (J.-C.)
Pharmacie galénique	M. Rouffiac (R.)
Chimie biologique	M. Soula (G.)
Toxicologie	M. Malbosc (R.)

PERSONNEL ADMINISTRATIF

Secrétaire principal	M. Roche (J.)

La Faculté déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération en date du 12 mai 1891.)

UNIVERSITÉ DE TOULOUSE
FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
ANNÉE 1970 N° 150

MASSE GRASSE CORPORELLE ET APTITUDES SPORTIVES

ÉTUDE RÉALISÉE CHEZ DES ÉLÈVES PROFESSEURS DE L'INSTITUT RÉGIONAL D'ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE DE TOULOUSE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement en Juillet 1970

PAR

Monique PONSAN-BESSOU

MEMBRES DU JURY

MM. BRU	*Président*
BOULARD, HURON, MONTASTRUC	*Assesseurs*
GARRIGUES	*Suppléant*

J.-F. Éditions-Impressions
14, rue Idrac — Toulouse

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

A TOUS CEUX QUE J'AIME

A MON PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur BRU,

Professeur de Biophysique Médicale à la Faculté de Médecine

En acceptant de présider cette thèse vous me donnez une nouvelle preuve des sentiments bienveillants que vous avez toujours manifestés à mon égard.

Je vous prie de trouver dans ces lignes l'expression de ma déférente gratitude et de mon respectueux attachement.

A MON JURY DE THESE

Monsieur le Professeur BOULARD,

Professeur à titre personnel de Pathologie Médicale

L'excellent souvenir que je conserve de votre enseignement clinique lors d'un stage accompli dans votre service m'a incitée à vous demander de juger ce travail. Je vous remercie vivement d'avoir bien voulu accepter ce rôle et vous prie de croire à toute ma reconnaissance.

Monsieur le Professeur HURON,

Professeur de Mathématiques Appliquées à la Faculté des Sciences,

Docteur en Médecine

Dans la progression de ce travail vos conseils et votre aide m'ont été d'un précieux secours. Je vous remercie vivement du temps que vous avez bien voulu me consacrer dans des entretiens toujours empreints de beaucoup de simplicité.

Qu'il me soit permis de vous exprimer en même temps que ma très sincère amitié, le plaisir profond que j'éprouve à vous compter parmi les membres de ce Jury.

Monsieur le Professeur MONTASTRUC,

Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine,

Docteur ès Sciences

Ce travail dont vous avez inspiré le thème et permis la réalisation grâce à vos talents d'organisateur provient d'un Institut pour lequel vous vous êtes dépensé sans relâche. J'espère qu'il ne vous décevra pas. Veuillez y trouver un témoignage de ma grande reconnaissance pour tout ce que j'ai appris de vous dans les nombreuses disciplines où j'ai bénéficié de votre enseignement.

Monsieur le Docteur GARRIGUES,

Chef de Travaux Pratiques de Physiologie à la Faculté de Médecine

Qui a bien voulu accepter de juger ce travail.

A Monsieur MOURET,

Professeur d'Education Physique,

Directeur de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de l'Université de Toulouse

Je ne saurais passer sous silence votre contribution précise et souriante à ce travail non seulement par la mesure des plis tégumentaires chez les garçons mais encore par les relevés de notations des diverses épreuves.

J'ai souvent puisé dans votre expérience de l'éducation physique les idées qui m'ont permis de discuter les résultats.

Veuillez trouver ici l'expression de mes remerciements et de ma reconnaissance.

A Madame LE CAMUS

Professeur d'Education Physique

A qui nous exprimons tous nos remerciements pour la mesure des plis tégumentaires chez les filles.

A Monsieur le Docteur SANCHEZ

Qui m'a aidée par sa compétence médico-sportive.

Aux Secrétaires de l'Institut Régional
d'Education Physique et Sportive de Toulouse,

Mademoiselle BONNARD
Mademoiselle MARGALL

A Monsieur le Professeur CAUSSINUS,
Maître de Conférences de Mathématiques Appliquées

En remerciement pour sa constante et bienveillante disponibilité.

Au personnel du Laboratoire de Statistique

qui m'a toujours accueillie avec beaucoup de gentillesse.

Aux Secrétaires du Laboratoire de Physiologie
de la Faculté de Médecine

Madame GERBAUD

Madame CARRERE

A qui je dois en particulier l'illustration de ce travail. Elle m'a révélé quelques-uns de ses secrets dans la recherche de la beauté des « nuages », des histogrammes et des tableaux.

Je remercie les laboratoires SOLAC
pour l'aide bibliographique qu'ils ont bien voulu m'apporter

AVANT-PROPOS

L'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de Toulouse a assuré, sous la direction des Professeurs Louis-Camille Soula (1929-1942), Louis Bugnard (1942-1949), Antoine Baïsset (1945-1962) et Paul Montastruc, la formation des Professeurs d'éducation physique et celle des étudiants en médecine ou médecins en vue d'une spécialisation en médecine sportive. En même temps, il a offert à de nombreux chercheurs la possibilité de réaliser des travaux de physiologie humaine.

Les nombreuses publications de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive sont le reflet de cette activité de recherche. Depuis 1952, l'orientation particulière de cette activité, consacrée à l'étude de l'influence de l'exercice physique sur le pouvoir antidiurétique du sang, illustre l'étroite collaboration de cet Institut et du Laboratoire de Physiologie appliquée et de Pharmacologie de la Faculté de Médecine de Toulouse où sont poursuivies, sous l'autorité des Professeurs Baïsset et Montastruc, des recherches fondamentales concernant la régulation endocrinienne des mouvements de l'eau et des sels.

En 1962, le Professeur Montastruc, prenant la direction de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de Toulouse, a organisé dans cet établissement un service de contrôle médical et de soins. Le fichier médical créé à cette occasion est devenu, en raison du nombre des observations qu'il renferme, la source d'études nouvelles fondées sur des analyses statistiques.

Un champ d'exploration abordé par cette voie est celui de la biotypologie. Depuis très longtemps dans le domaine de l'éducation physique et sportive on attache une grande importance aux corrélations structure - fonction. Nos conaissances sont

cependant à l'heure actuelle relativement limitées, car on est loin d'avoir surmonté la difficulté principale de ce problème : l'évaluation quantitative des caractéristiques qui permettent de définir la structure.

Les informations morphologiques et pondérales sont restées pendant longtemps les seules informations aisément accessibles en biotypologie et par conséquent ont retenu le plus souvent l'attention. Cependant, grâce au développement des méthodes d'analyse chimique ou biologique, des renseignements concernant la constitution de l'individu sont devenus disponibles et commencent à être pris en considération. Le fractionnement du poids et du corps qui permet d'exprimer la proportion de certains constituants de l'organisme, est utilisé pour définir le biotype au point de vue constitutif. Dans ce domaine, depuis les deux dernières décennies, une attention particulière a été portée à la répartition du poids entre la masse grasse et la masse maigre. De nombreuses méthodes pour déterminer la masse grasse d'un individu, et partant sa masse maigre, ont été proposées. L'une d'elles est une méthode anthropométrique fondée sur la mesure de plis tégumentaires. Cette méthode, d'application plus simple que tout autre procédé de mesure de la graisse corporelle, permet d'obtenir aisément une indication très utile pour préciser le biotype d'un individu.

Sous l'impulsion du Professeur Montastruc à partir de 1966, la mesure de la masse grasse est venue compléter les mensurations de routine effectuées chez les étudiants de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de Toulouse. Ce travail est consacré à l'analyse des premières mesures. Le but recherché est, en prenant la masse grasse comme caractéristique, de décrire les types somatiques rencontrés parmi les étudiants, d'envisager l'évolution de ces types somatiques et d'établir les relations éventuelles entre ces types somatiques et la notation des élèves.

Le premier chapitre de ce travail fournit un bref aperçu de l'intérêt de la biotypologie morphologique dans le domaine de

l'éducation physique et sportive. Le second contient l'exposé des motifs pour lesquels la mesure de la masse grasse paraît être un élément important de la biotypologie constitutive en éducation physique et sportive. La méthode de mesure de la masse grasse utilisée à l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de Toulouse est exposée dans le troisième chapitre. Les résultats et la discussion de ces résultats sont contenus dans les deux derniers chapitres.

INTÉRÊT DE LA BIOTYPOLOGIE MORPHOLOGIQUE EN ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE

I. — MORPHOLOGIE ET APTITUDE AUX EXERCICES PHYSIQUES

L'influence de la morphologie sur les aptitudes physiques d'un sujet a depuis longtemps retenu l'attention de nombreux observateurs. Dans le domaine des sports en particulier, de nombreux rapprochements ont été faits.

Metheny (1939) explique par exemple la supériorité des athlètes noirs sur les athlètes blancs par des différences de morphologie raciale.

Krakower (1941) insiste sur la grande taille, la longueur des jambes et la largeur des pieds des sauteurs.

Digiovanna (1943) rapporte d'importantes différences entre la structure et les épreuves fonctionnelles de deux groupes de sujets : l'un qui pratique le sport, l'autre qui ne le pratique pas.

Parnell (1951) constate, en étudiant l'inégalité de longueur de jambes de sportifs d'un même club, qu'on peut classer dans un ordre de longueur croissante les jambes des coureurs de vitesse, des coureurs de fond, des sauteurs de haies, des sauteurs en hauteur et enfin des lanceurs de disques, de poids et de javelot.

Cureton (1951) observe des champions et trouve : un rapport longueur de jambes sur longueur du tronc souvent élevé chez les coureurs; un poids important, un buste long et des jambes courtes chez les haltérophiles, les lutteurs, les gymnastes et les plongeurs.

II. — EXERCICE PHYSIQUE ET MODIFICATIONS MORPHOLOGIQUES

L'influence de divers exercices physiques sur la morphologie est bien connue. Seul un aspect général du problème, le plus

intéressant d'ailleurs, mérite d'être envisagé : celui qui concerne l'influence de l'activité physique sur la régulation de la constance pondérale des individus.

L'exercice physique participe à la régulation pondérale en contrôlant deux mécanismes, l'un de consommation qui permet à l'individu d'utiliser le capital énergétique et matériel de l'organisme pour produire du travail, l'autre de restauration qui permet à l'individu de puiser dans le monde extérieur, par l'alimentation, l'énergie et les matériaux nécessaires à la reconstitution du capital dépensé.

A) L'activité physique entraîne l'amoindrissement du capital énergétique et matériel de l'organisme

La dépense est variable suivant les individus. Dans beaucoup d'exercices physiques, le poids du corps est la seule force à mouvoir, de sorte que le coût énergétique de l'exercice physique est proportionnel au poids du corps (F.A.O., 1957; Keys, 1949). Lorsqu'existe une surcharge pondérale, cette relation n'est plus valable : le coût énergétique de l'exercice physique croît beaucoup plus vite que le poids du corps (F.N.B., 1958).

L'inactivité est un facteur de surcharge pondérale par la seule réduction des prélèvements qu'un individu opère sur son capital énergétique et matériel.

Ce facteur a été mis en évidence par Mayer au cours d'observations faites chez des souris. Des animaux porteurs d'un syndrome héréditaire obésité-hyperglycémie présentent une surcharge pondérale concomitante d'une réduction d'exercice physique. L'activité de ces animaux est en effet 50 à 100 fois plus faible que celle des animaux normaux (Mayer, 1953 a et b). L'inactivité de ces animaux n'est pas le résultat de l'obésité; elle la précède. On peut le constater en comparant l'activité d'animaux adultes normaux et celle de jeunes animaux, de même poids, atteints d'un syndrome héréditaire obésité-hyperglycémie (Mayer, 1954). L'exercice forcé permet de réduire la surcharge pondérale de souris porteuses d'un syndrome héréditaire obésité-hyperglycémie (Mayer, 1954). Le poids de souris valseuses, constamment actives dans leur cage, atteintes en outre d'un syndrome héréditaire obésité-hyperglycémie, ne dépasse jamais de plus de 30 % le poids des souris normales tandis que les souris porteuses du syndrome obésité-hyperglycémie isolé atteignent des

poids beaucoup plus élevés (200 ou 300 % du poids des souris normales).

Chez l'Homme, il est également prouvé que l'inactivité constitue un facteur de surcharge pondérale en déterminant seulement une réduction des prélèvements sur le capital énergétique et matériel d'un individu.

Greene (1939) rapporte plus de 200 observations d'obèses dont l'embonpoint a débuté en même temps qu'une diminution de l'activité physique.

Bruch (1957) attribue à l'inactivité physique la majorité des obésités chez l'enfant. Il considère que l'inhibition du désir normal d'exercice est une cause d'embonpoint plus importante que la surcharge alimentaire.

B) L'activité physique déclenche le besoin de compensation des dépenses matérielles et énergétiques de l'organisme

L'ajustement de cette compensation par rapport à l'exercice dépend de l'intensité de l'exercice réalisé.

L'accroissement d'activité physique détermine une augmentation proportionnelle de la consommation alimentaire dans la mesure où l'intensité de l'activité physique n'a pas dépassé certaines limites qui définissent selon Mayer (1954 a et b) le champ des activités normales.

Ces constatations ont été faites chez des rats adultes accoutumés à une vie sédentaire et que l'on astreint à partir d'un certain moment à un exercice physique quotidien de durée progressivement croissante (Mayer et coll., 1954 b). Lorsque l'exercice est léger, la consommation alimentaire loin de s'élever décroît très faiblement mais de façon significative et le poids corporel diminue. Lorsque l'exercice est plus important, la consommation alimentaire augmente et le poids corporel reste constant. Lorsque l'exercice est intense le poids et la consommation alimentaire diminuent.

Les intensités d'exercice physique pour lesquelles la consommation alimentaire augmente et le poids corporel reste constant permettent de définir le champ des activités normales.

Des constatations identiques ont été faites chez l'homme par Mayer et coll. (1956). Ces auteurs ont établi chez des sujets appartenant à une population industrielle du Bengale, des courbes de consommation alimentaire et de poids corporel en fonction de

l'activité physique. Ils ont trouvé des tracés semblables à ceux qui ont été établis pour les rats (Mayer et coll., 1954 b).

L'absence d'activité physique ne réduit pas comme on pourrait le croire la consommation alimentaire. Celle-ci est au contraire accrue.

Il a été démontré que les lapins (Gasnier et coll., 1939) ou les rats (Ingle et coll., 1947), privés d'activité par confinement dans une cage étroite consomment plus d'aliments qu'il n'est nécessaire pour que le bilan matériel et énergétique soit équilibré; cet accroissement de la consommation alimentaire est caractéristique des situations de contrainte.

Grâce aux observations précédentes concernant l'action de l'exercice physique sur les facteurs de régulation pondérale d'un individu, prélèvement sur le capital énergétique et matériel de l'organisme, restauration du capital par des aliments puisés dans le milieu extérieur, on peut aisément comprendre l'influence très importante de l'exercice physique sur le morphotype d'un individu.

III. — LES INDICES ANTHROPOMÉTRIQUES ET L'ANALYSE DES RAPPORTS RÉCIPROQUES ENTRE LA MORPHOLOGIE ET L'EXERCICE PHYSIQUE

L'étude des caractères morphologiques qui ont une influence sur les aptitudes physiques d'un sujet ou qui subissent une modification du fait des activités physiques du sujet, est dificile en raison du nombre élevé de caractères à prendre en considération et de l'impossibilité dans bien des cas d'apprécier quantitativement ces caractères.

Pour des raisons pratiques on restreint donc souvent l'analyse à un petit groupe de caractères arbitrairement choisis, faciles à quantifier et qui permettent de distribuer une population en un certain nombre de catégories dont on peut ensuite comparer les aptitudes ou étudier les variations.

De nombreuses études ont été consacrées à la recherche des caractères les plus importants qui permettent de brosser le tableau morphologique le plus exact d'un individu.

Des rapports établis entre quelques-uns de ces caractères définissent certains morphotypes. Ces rapports constituent des indices anthropométriques.

L'un des indices les plus fréquemment utilisés dans les travaux anthropologiques est l'index de Sheldon (Sheldon et coll., 1940). Il correspond au quotient de la taille (T) par la racine cubique du poids P :

$$I = \frac{T}{\sqrt[3]{P}}$$

Il permet de définir les types corporels de la classification de Sheldon. Cette somatotypologie est fondée sur le développement respectif des trois composantes endo- meso- et acto-dermique d'un sujet. L'individu est considéré comme mésomorphe si son indice est compris entre 41 et 45, endomorphe si son indice est inférieur, ectomorphe s'il est supérieur.

La classification de Sheldon a été utilisée dans de nombreuses études concernant les relations entre somatotypes et aptitudes physiques. On peut dégager des diverses publications les conclusions suivantes : l'individu endomorphe est caractérisé par un poids relativement important, facteur limitatif des performances physiques; la masse inerte des endomorphes représente en effet un véritable handicap; le sujet ectomorphe possède une musculature peu développée; il est de ce fait fragile et les activités physiques dans lesquelles il peut s'engager sont par conséquent limitées; le mésomorphe est solidement musclé, sa force et sa solidité lui confèrent une aptitude particulière à la pratique des sports.

La classification de Sheldon a permis également d'établir des relations entre morphologie et attitude psychologique de sujets vis-à-vis de l'exercice physique. L'endomorphe est plus un spectateur qu'un acteur. L'inverse est vrai pour le mésomorphe. L'ectomorphe enfin, pratique les sports dans lesquels intervient un coefficient d'adresse et de tactique élevé.

La valeur des indices anthropométriques est cependant limitée, surtout lorsque ces indices sont utilisés isolément. Une somatotypologie fondée sur la mesure de la taille et du poids peut conduire à identifier deux individus de constitution très dissemblable, l'un fortement musclé, l'autre pléthorique. Tanner et coll. (1959) ont insisté sur l'intérêt que présentait l'adjonction, à la mesure de la taille et du poids, d'autres mensurations pour analyser les interrelations sujet-activités physiques.

Un courant d'étude s'est développé pour essayer de caractériser l'individu non seulement par sa morphologie grâce aux indices anthropométriques, mais encore par sa constitution grâce à certaines mesures, en particulier celle de sa masse grasse. La mesure de la graisse totale corporelle paraît avoir en effet, dans le domaine de l'éducation physique et sportive un intérêt considérable. La discussion de ce point est développée dans le chapitre suivant.

INTÉRÊT DE LA MESURE DE LA MASSE GRASSE EN VUE D'UNE BIOTYPOLOGIE CONSTITUTIVE EN ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE

I. — MASSE GRASSE ET APTITUDE AUX EXERCICES PHYSIQUES

Divers arguments plaident en faveur d'une influence de la masse grasse sur les aptitudes physiques d'un sujet. Ces arguments sont d'origine et de valeur très différentes.

Certaines constatations indiquent l'évolution en sens inverse des performances et de la masse grasse. On trouve mention de ces faits dans beaucoup d'études consacrées aux modifications du tissu adipeux sous l'influence de l'activité physique. Ces études seront envisagées ultérieurement, mais il faut, ici, souligner que les conditions expérimentales de ces travaux ne permettent pas d'établir le rôle joué respectivement dans cette amélioration par la réduction de la masse grasse corporelle et par l'entraînement.

Les faits expérimentaux rapportés par Riendau et coll. (1958) sont d'interprétation plus facile et témoignent de l'existence d'une corrélation négative entre masse grasse et performance motrice. Ces auteurs, en exploitant les résultats fournis par 7 tests de performance motrice et les valeurs de masse grasse déterminées par densitométrie, trouvent des coefficients de corrélation négatifs significatifs compris entre 0,28 et 0,68; ils n'obtiennent pas de coefficients aussi élevés en substituant le poids à la masse grasse.

Les connaissances actuelles en matière de physiologie du tissu adipeux et de l'exercice physique permettent d'accepter l'hypothèse d'une influence de la masse grasse sur les aptitudes physiques d'un sujet; le tissu adipeux pouvant agir dans un sens favorable ou défavorable à l'activité musculaire et les effets observés étant la résultante des deux sortes d'actions. Quelques détails doivent être fournis à propos de ces actions.

Le tissu adipeux peut être une entrave à l'efficacité d'un exercice musculaire de plusieurs façons. Sa masse représente une surcharge pondérale et absorbe une partie de l'énergie muscu-

laire; sa vascularisation dérive une fraction du débit sanguin cardiaque et réduit l'efficacité de l'activité cardiaque; sa répartition sous-cutanée en une couche ininterrompue et sa faible conductivité thermique (0,0005 C/sec/cm/°C) freine la thermolyse et aggrave le déséquilibre thermique des premiers instants de l'activité musculaire; sa composition chimique exclusivement lipidique impose, lorsque l'organisme fait appel aux réserves du tissu adipeux, une dépense d'oxygène supérieure à celle que nécessite l'oxydation des glucides et par conséquent demande un travail respiratoire accru.

Le tissu adipeux peut au contraire constituer un facteur favorable à la réalisation de certaines performances physiques en raison des réserves énergétiques et matérielles qu'il renferme et que le muscle est capable d'utiliser rapidement.

Les triglycérides accumulés dans le tissu adipeux constituent pour l'organisme une source potentielle d'énergie. Cette forme de mise en réserve présente certains avantages; elle possède une densité calorique très élevée et elle n'implique aucune rétention concomitante d'eau et de sel, à l'inverse de ce qui se produit pour les hydrates de carbone (1).

Les graisses représentent aussi pour l'organisme une source potentielle d'eau. Leur oxydation produit en effet l'équivalent de leur propre poids d'eau métabolique, c'est-à-dire une quantité beaucoup plus grande que celle que produisent les hydrates de carbone.

Les muscles utilisent les graisses comme source d'énergie lors de l'exercice physique. De nombreux arguments en apportent la preuve. Dill et coll. (1932) rapportent qu'au cours d'une expérience au Laboratoire de la fatigue à Harvard, un chien a exécuté sur un tapis d'entraînement, pendant 27 heures, une course nécessitant une énergie dix fois plus grande que celle de ses réserves en glycogène. Ils constatent également que le quotient respiratoire d'un coureur a subi, à la suite d'une épreuve de fond un changement de 0,83 à 0,75 devenant ainsi identique au quotient respiratoire d'une alimentation exclusivement lipidique.

Même lorsque l'apport glucidique est satisfaisant, l'exercice physique détermine une consommation de lipides.

---

(1) Un sujet moyen de 80 kg doublerait de poids s'il transportait sous forme d'hydrates de carbone les réserves de triglycérides qu'il possède.

Des observations effectuées chez des joueurs de football américains indiquent qu'en dépit d'un apport important de glucides dans l'alimentation, 44 % de l'énergie journalière provient des lipides (Carlson et coll., 1959).

Au fur et à mesure que les réserves glucidiques diminuent, la part de l'énergie totale fournie par la graisse s'élève progressivement de 8 à 77 % de l'énergie totale (Edwards et coll., 1935).

Le muscle utilise les graisses sous forme d'acides gras non estérifiés. Ceux-ci sont dégradés en entrant directement dans le cycle oxydatif des acides tricarboxyliques. On n'a jamais démontré en effet une transformation des acides gras en hydrates de carbone avant l'utilisation musculaire de ces acides. Dans le myocarde une quantité relativement importante d'acides gras est oxydée de cette façon, puisque 70 % de l'oxygène consommé par le cœur sont réservés à cette fin. Les muscles squelettiques oxydent également des acides gras, mais on ignore l'importance de ce mécanisme dans la production énergétique totale.

Le plasma sanguin représente la plus importante des sources d'acides gras pour les muscles. Ces acides gras non estérifiés dérivent eux-même des graisses neutres mises en réserve. Ils sont remplacés au fur et à mesure de leur utilisation musculaire. Lorsqu'un sujet est au repos, leur concentration plasmatique est d'environ 1 mmol/l. L'exercice musculaire chez le sujet à jeûn entraîne des variations de la concentration des acides gras non estérifiés du plasma (Havel et coll., 1963). Au cours des 15 premières minutes, on observe une diminution puis, lorsque l'exercice est poursuivi, une augmentation se produit; enfin, après arrêt de l'activité physique, la concentration des acides gras non estérifiés du plasma augmente rapidement, ensuite elle diminue lentement pour reprendre la valeur de base. Ces trois phases différentes des modifications de la concentration des acides gras non estérifiés du plasma ont été appelées phase circulatoire, phase métabolique et phase de récupération. Les mécanismes de variation du taux plasmatique des acides gras non estérifiés ne sont pas clairement établis. Au cours de la phase métabolique, il semble que les acides gras non estérifiés sont mobilisés à partir des réserves. De nombreux auteurs pensent que cette mobilisation résulte de la mise en jeu des terminaisons nerveuses, dans le tissu adipeux, du système orthosympathique. Plusieurs arguments plaident en faveur de ce mécanisme nerveux.

Le système nerveux autonome contribue à la régulation du métabolisme général. Le tissu adipeux est innervé par des nerfs végétatifs. L'activité du système nerveux sympathique augmente durant l'exercice physique (Von Euler et coll., 1955; Holmgren, 1956; Gray et coll., 1957; Vendsalu, 1960). Les perfusions de noradrénaline stimulent la mobilisation des lipides (Carlson et coll., 1965). Sur ce point, les travaux de Basu et coll. (1960) sont d'un grand intérêt puisqu'ils rapportent une augmentation des acides gras non estérifiés du plasma durant l'exercice musculaire chez 3 malades surrénalectomisés et traités par la cortisone. On peut donc penser que si l'accroissement de l'activité sympathique est responsable de la mobilisation des lipides pendant l'exercice, un mécanisme indépendant de la sécrétion adrénalinique intervient, probablement représenté par la libération de noradrénaline aux terminaisons nerveuses sympathiques dans le tissu adipeux.

Il est intéressant de souligner, pour terminer ces considérations concernant la mobilisation des acides gras non estérifiés à partir des réserves, que cette mobilisation est favorisée, au moins au niveau des réserves sous cutanées, par l'accroissement concomitant du débit sanguin sous-cutané (Wade et coll., 1962).

II. — EXERCICES PHYSIQUE ET MODIFICATION DE LA MASSE GRASSE

Les données physiologiques précédentes relatives à l'utilisation par le muscle strié des acides gras non estérifiés laissent penser que l'exercice physique peut avoir quelque influence sur les zones de mise en réserve de ces acides, c'est-à-dire sur la masse de tissu adipeux. Des observations montrent en effet que le tissu adipeux varie en fonction de l'activité physique.

Kireilis et coll. (1947) ont constaté qu'après six semaines d'activité physique importante, la graisse externe de trois étudiants pléthoriques diminuait. Ils soulignent le fait que le poids n'est pas une bonne indication des variations de la masse grasse, car au cours de l'entraînement une perte de graisse peut être compensée par une augmentation de muscle.

Sills et coll. (1953) ont soumis à un entraînement physique pendant quatre mois neuf étudiants classés, en utilisant les critères de Mc Cloy (1936), dans la catégorie des pléthoriques. Ils ont observé une perte importante de poids qu'ils attribuent à

une perte de graisse et une amélioration considérable des résultats de certains tests de performance.

Lee (1959) a mesuré le pli tégumentaire chez 34 malades atteints d'hémiplégie chronique. Il trouve que l'épaisseur de ce pli est supérieure de 22 % à 45 % du côté de l'hémiplégie. Il fait intervenir l'accroissement de la graisse sous cutanée pour expliquer cette inégalité.

Chez des sujets normaux, les relations entre le tissu adipeux et l'activité physique sont également confirmées par une série d'observations.

Behnke et coll. (1942) constatent que les joueurs de football américains ont une densité corporelle élevée et sont maigres malgré leur forte corpulence.

Pascale et coll. (1955) observent, chez 12 soldats soumis à un entraînement intense pendant 3 semaines, une diminution de l'épaisseur du pli tégumentaire mesuré au niveau de quatre zones différentes. La diminution la plus importante a été observée au niveau de l'abdomen.

Thompson et coll. (1956) signalent des variations du pli de graisse chez des athlètes auxquels on impose un entraînement physique intense.

Keys et coll. (1957) rapportent que le pourcentage de la masse grasse mesurée par une méthode anthropométrique est plus élevé chez les sujets sédentaires que chez les sujets actifs.

Parizkova (1959) constate que la couche de graisse sous cutanée est nettement plus fine chez des gymnastes (moyenne pour 10 zones : 9,0 mm) que chez les sujets témoins (moyenne : 12,3 mm) alors que taille et poids sont identiques. Quand on laisse ces gymnastes sans entraînement pendant 10 semaines il y a accroissement pondéral et augmentation de la graisse sous cutanée. La reprise de l'entraînement détermine une réduction de cette graisse.

Jokl (1964), dans son ouvrage, décrit les effets de 18 semaines d'entraînement quotidien, sur la composition corporelle de jeunes filles non préalablement entraînées. Toutes ces jeunes filles ont perdu de la graisse, ont gagné du tissu maigre et ont amélioré leurs performances, tandis qu'un groupe de contrôle n'a subi aucun changement.

Parizkova (1963) a étudié la composition corporelle du groupe national de gymnastique tchécoslovaque avant et après les

compétitions des jeux olympiques de Rome en 1960. Durant la période d'entraînement intense précédant les jeux, la densité corporelle a augmenté, les plis tégumentaires ont diminué et les performances se sont améliorées; l'évolution inverse a été remarquée au cours du repos consécutif aux jeux.

Ainsi l'existence d'une réduction de la masse grasse au cours de l'exercice physique semble parfaitement établie.

MÉTHODE

La méthode utilisée pour déterminer la masse grasse chez les étudiants de l'Institut Régional d'Education Physique de Toulouse est la méthode décrite par Fletcher (1962). C'est une méthode fondée sur la mesure de l'épaisseur du pli de graisse sous cutanée. La masse grasse MG est estimée par la formule :

$$MG = 0{,}1 \times T^2 \times SG$$

où T est la taille exprimée en mètre et SG la somme en millimètres des épaisseurs de graisse sous cutanée en 9 zones bien déterminées que nous préciserons.

I. — BASES THÉORIQUES DE LA MÉTHODE

Le calcul de la masse grasse corporelle par la mesure du pli de graisse sous cutanée dérive d'un raisonnement établi à partir d'un certain nombre de postulats :

1° Le rapport entre masse grasse sous cutanée et masse grasse profonde reste constant, quelle que soit la masse grasse totale.

Edwards (1950, 1951), Brozek et coll. (1951), Pascale et coll. (1956), Fletcher (1962) sont favorables à ce postulat; à l'opposé Allen et coll. (1956) pensent qu'une relation curviligne relie les variations de la graisse sous cutanée et de la graisse interne.

Chez l'homme normal, les données anatomiques ont permis d'établir une répartition grossière de la masse grasse : le tissu graisseux sous-cutané représente les 2/3 de la masse grasse, le tissu graisseux profond constitue le 1/3 de cette masse.

2° La masse maigre d'un individu est contenue dans un solide de volume V et de surface S et on admet que si l'on passe d'un individu à un autre, ces solides se déduisent l'un de l'autre par une similitude.

Soit $(MM)_o$ la masse maigre d'un individu, pris comme individu de référence, MM la masse maigre d'un individu quelconque, on a :

$$MM = \rho V;\ (MM)_o = \rho V_o;\ V = k^3 V_o;\ S = k^2 S_o$$

où ρ est la masse spécifique de la partie maigre chez l'Homme (ρ est supposé invariable d'un individu à l'autre) et k le rapport de similitude. Pour les tailles, on a aussi :

$$\frac{T}{T_o} = k$$

On peut donc écrire :

$$MM = \rho k^3 V_o = \rho \frac{T^3}{T_o^3} V_o = \left(\frac{\rho V_o}{T_o^3}\right) \times T^3$$

et on peut dire :

$$MM = L \times T^3$$

où L est un coefficient constant ($L = \frac{\rho V_o}{T_o^3}$). On peut également écrire :

$$S = k^2 S_o = \left(\frac{S_o}{T_o^2}\right) \times T^2$$

soit :

$$S = k' \times T^2$$

où k' est un nouveau coefficient constant ($k' = \frac{S_o}{T_o^2}$)

3° Admettons que la masse grasse sous-cutanée soit répartie uniformément sur la surface S du solide envisagé ci-dessus;

soit E son épaisseur. Comme MG est, par hypothèse, proportionnelle à cette masse grasse sous-cutanée, on a finalement :

$$MG = K \times E \times T^2$$

où K est un nouveau coefficient constant.

Détermination de K

Soit M la masse totale de l'individu étudié, on a évidemment :

$$M = MM + MG$$

d'où en tenant compte des résultats précédents :

$$M = L \times T^3 + K \times E \times T^2$$

soit en divisant les deux membres par T^3 on a :

$$\frac{M}{T^3} = L + K \times \frac{E}{T}$$

On obtient une relation linéaire entre :

$$y = \frac{M}{T^3} \text{ connu pour un individu donné}$$

et

$$x = \frac{E}{T} \text{ qui est aussi connu pour un individu donné.}$$

Soit une population, on peut construire le « nuage » des points m (x, y). Si la théorie est acceptable pratiquement, ce nuage sera très dense autour d'un grand axe. On y ajustera la « droite de régression » ; K sera alors estimé par la pente de cette droite et L par l'ordonnée à l'origine. Pour nous K est seul nécessaire.

Fletcher (1962) a calculé K non pour l'épaisseur du pli de graisse idéal mais pour la somme SG des plis de graisse

mesurés en 9 zones. Le choix des plis de graisse a été déterminé en fonction des principes suivants :

— la mesure du pli doit être aussi précise que possible et par conséquent le pli doit être d'accès facile et de préhension aisée;

— la région où l'on effectue la mesure ne doit pas être un siège d'élection pour l'œdème;

— l'épaisseur du pli de graisse dans cette zone doit présenter une bonne corrélation avec la moyenne de la somme des huit autres plis de graisse, ce qui exclut la mesure des plis dans certaines zones (Edwards, 1951; Garn, 1955, Vague, 1953).

II. — VALIDITÉ DE LA MÉTHODE

On trouve toujours un postulat dans le principe de chaque méthode de mesure de la masse grasse. L'un de ces postulats est assez communément admis, de sorte que les valeurs de la masse grasse fournies par toutes les méthodes fondées sur ce postulat sont habituellement prises comme valeurs de références. Ce postulat établit d'abord que le corps peut être divisé en deux compartiments, l'un adipeux, l'autre non adipeux, ensuite que le pourcentage connu de l'eau dans chacun de ces compartiments ou que la densité connue de chacun de ces compartiments sont et restent constants. Ainsi la mesure conjointe de l'eau totale et du poids du corps ou de la densité et du poids du corps permet par conséquent de déterminer la masse grasse.

Fletcher a trouvé chez 24 sujets une corrélation significative au seuil de 0,01 entre la graisse calculée par sa méthode et la graisse corporelle totale évaluée après détermination de l'eau totale du corps grâce au principe de dilution.

On ne connaît pas avec certitude la précision des mesures obtenues par détermination de l'eau corporelle. On pense qu'elle doit être de l'ordre de 10 %. L'absence de valeurs de référence fournies par une méthode de mesure de précision connue, fait qu'il est difficile de déterminer si un nombre de mesures du pli de graisse inférieur au nombre avancé par Fletcher (1962) peut être suffisant pour fournir une estimation aussi précise de la masse grasse (Tanner, 1959).

III. — TECHNIQUE

Estimation de E

Les plis tégumentaires ont été mesurés à l'aide de l'appareil de Harpenden décrit par Edwards et coll. (1955). Il s'agit d'une variété de pied à coulisse construit de manière à éliminer les erreurs de mesure que pourraient provoquer les variations de pression sur le pli tégumentaire. Les mors de l'appareil ont une surface de 6 × 15 mm et la pression qu'ils exercent est d'environ 10 g/mm^2. Cette pression est constante quel que soit l'écartement des mors. Elle correspond à la pression recommandée par les différents auteurs qui se sont intéressés à la mesure des plis tégumentaires (Brozek, 1956; Insull et coll., 1954; Keys et coll., 1953; Tanner et coll., 1955). La lecture de l'épaisseur du pli tégumentaire mesuré est effectuée sur un cadran.

Le pli tégumentaire, saisi entre le pouce et l'index d'une main, est nettement séparé des muscles sous-jacents. Il est maintenu immobile pendant qu'on effectue la mesure. Les mors du pied à coulisse de Harpenden sont appliqués sur ce pli à 1 cm de la zone de réflexion du tégument et à 1 ou 2 cm des doigts, de manière que la pression de la prise digitale ne perturbe pas la mesure. La plupart du temps, l'indication fournie par l'appareil ne change pas pendant toute la durée de l'application des mors. Parfois, elle a tendance à décroître lentement. Dans ce cas, seule la valeur initiale de la mesure a été prise en considération. La fidélité des mesures, particulièrement au niveau du triceps et de la pointe de l'omoplate, est telle qu'un même opérateur dans les 2/3 des cas trouve des indications identiques à 5 % près.

Les plis tégumentaires sont mesurés au niveau des 9 zones choisies par Edwards (1950) dans l'ordre adopté par cet auteur, c'est-à-dire pli cervical antérieur (A2), sous claviculaire gauche (B2L) et droit (B2R), interscapulo-vertébral gauche (D3L) et droit (D3R), bicipital gauche (AF1L) et droit (AF1R), pectoro-axillaire gauche (A1L) et droit (A1R). La mesure est effectuée à 3 reprises dans le même ordre; la somme des 9 résultats est établie pour chaque série et la moyenne de ces trois sommes est calculée. En retranchant de ce résultat l'épaisseur de la double couche cutanée des 9 zones, on détermine la somme des épais-

seurs du pli de graisse dans les 9 zones. Les épaisseurs de pli cutané sont tirées des valeurs fournies par Fletcher (1962). (Tableau I).

EPAISSEUR DE PEAU (mm)		
ZONE	HOMME	FEMME
Cervicale antérieure A2	2,0	2,0
Sous-claviculaire B2 L ou R	1,3	1,5
Interscapulo-vertébrale D3 L ou R	4,0	3,0
Bicipitale AF1 L ou R	1,3	1,5
Pectoro-axillaire A1 L ou R	1,5	1,0
Epaisseur totale double couche (valeur arrondie)	18,0	16,0

TABLEAU I

Estimation de MG

On reprend l'équation de Fletcher :

$$MG = K \times E \times T^2$$

E est estimé par 1/9 SG (en millimètres). K est une constante estimée statistiquement comme il a été dit. On trouve alors :

$$MG = 0{,}1 \times SG \times T^2$$

où T est exprimé en mètre et MG en kilogrammes.

	FILLES							
	P2A - 1966-1967 32 Etudiantes		P2B - 1966-1967 23 Etudiantes		P2A - 1967-1968 28 Etudiantes		P2B - 1967-1968 32 Etudiantes	
	M	E-T	M	E-T	M	E-T	M	E-T
A2	5,2	0,9	5,0	0,7	5,2	0,8	5,4	0,9
B2G	4,9	0,8	4,9	0,8	5,2	1,0	5,5	0,9
B2D	4,9	0,7	4,9	0,8	5,5	0,8	5,7	0,9
D3G	8,5	1,3	8,1	1,4	7,9	1,3	8,3	1,3
D3D	8,4	1,2	8,1	1,2	7,6	1,4	8,1	1,3
AF1G	5,6	1,3	4,8	1,5	4,2	1,3	3,4	0,7
AF1D	5,0	1,2	4,6	1,8	4,0	1,3	3,3	0,7
A1G	3,4	0,5	3,4	0,8	3,7	1,2	5,1	1,1
A1D	3,5	0,6	3,2	0,6	3,7	1,2	4,8	1,1
	GARCONS							
	P2A - 1966-1967 49 Etudiants		P2B - 1966-1967 42 Etudiants		P2A - 1967-1968 51 Etudiants		P2B - 1967-1968 46 Etudiants	
	M	E-T	M	E-T	M	E-T	M	E-T
A2	4,0	0,6	3,6	0,6	3,7	0,5	3,8	0,6
B2G	3,5	0,6	3,1	0,4	3,2	0,3	3,5	0,5
B2D	3,5	0,5	3,1	0,4	3,2	0,3	3,5	0,4
D3G	7,8	1,1	8,3	1,6	8,4	1,9	8,0	1,1
D3D	7,8	1,1	8,2	1,5	8,3	1,8	8,0	1,1
AF1G	3,2	0,4	3,0	0,4	3,0	0,3	3,2	0,5
AF1D	3,1	0,4	2,9	0,3	3,0	0,4	3,2	0,5
A1G	3,2	0,7	2,7	0,5	2,8	0,5	3,1	0,5
A1D	3,3	0,7	2,8	0,5	3,0	0,5	3,3	0,5

TABLEAU II

Moyenne M et écart type E-T de l'épaisseur exprimée en mm du pli tégumentaire, mesuré au niveau des neuf zones de Fletcher chez 4 groupes de filles et 4 groupes de garçons.

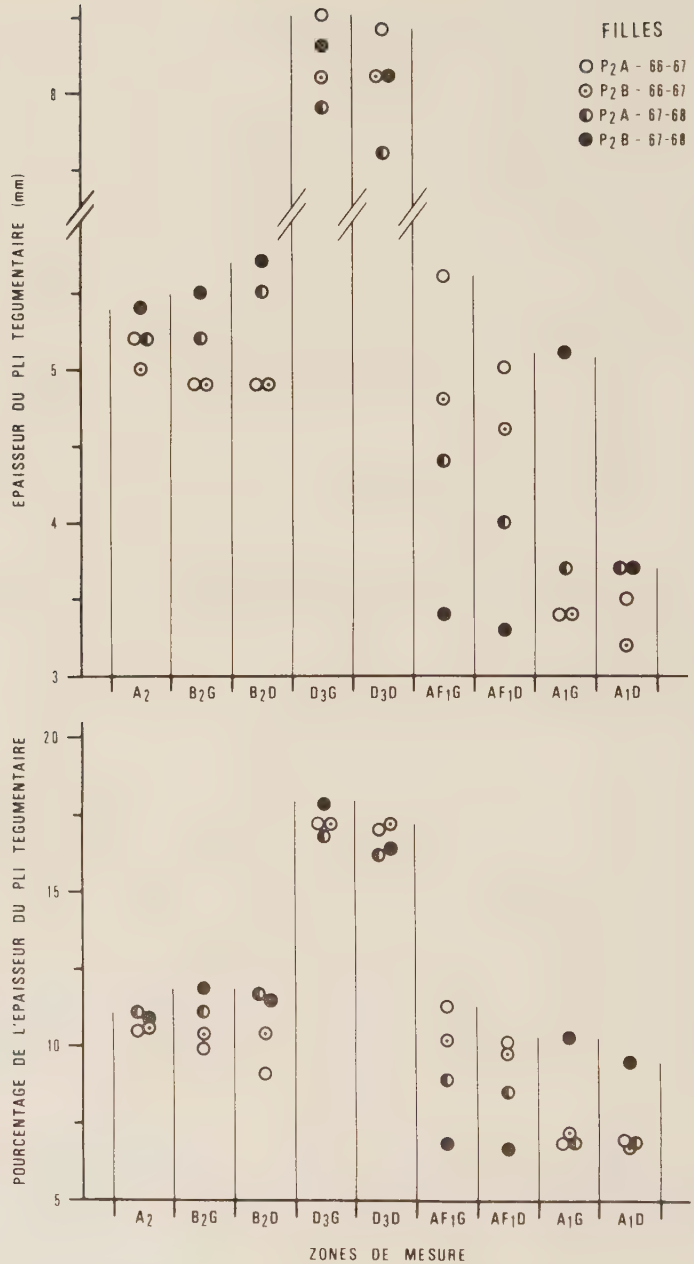

FIGURE 1 : Histogramme des plis tégumentaires mesurés au niveau des 9 zones de FLETCHER pour les 4 groupes de filles.

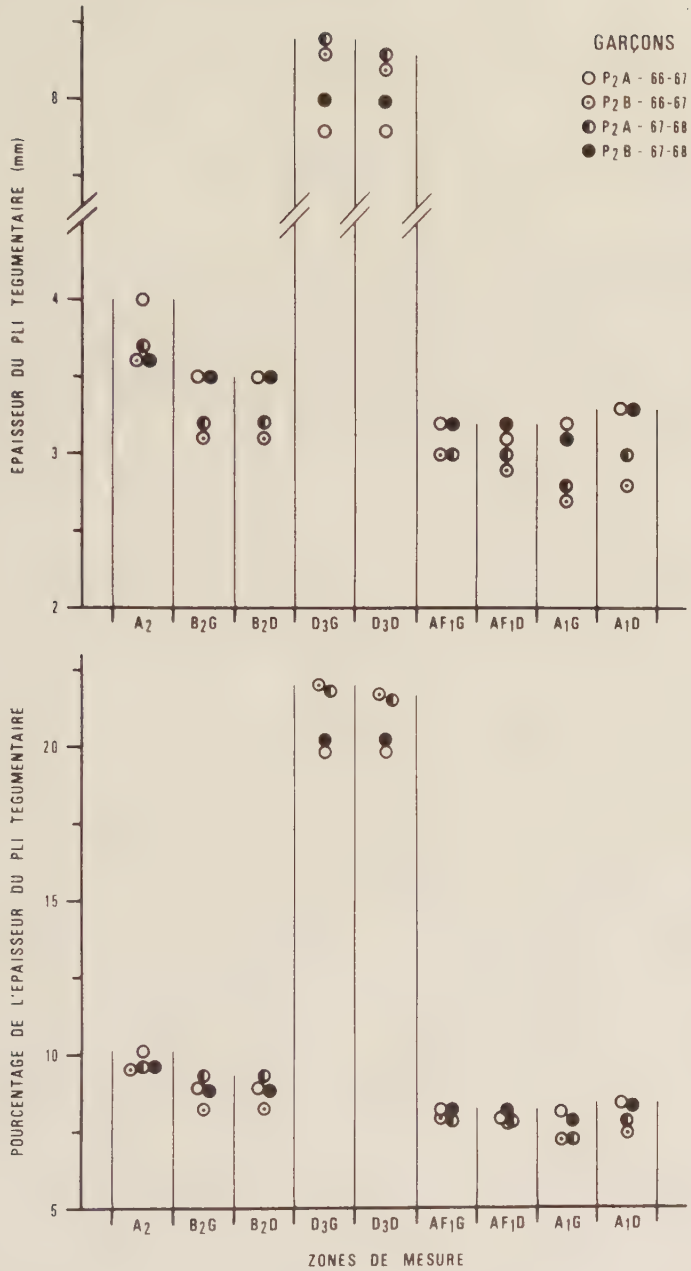

FIGURE 2 : Histogramme des plis tégumentaires mesurés au niveau des 9 zones de FLETCHER pour les 4 groupes de garçons.

RÉSULTATS

Les résultats présentés dans ce travail concernent des mesures de masse grasse effectuées au cours de deux années scolaires successives : 1966-1967 et 1967-1968. La masse grasse a été déterminée par mesure du pli de graisse chez 115 filles et 188 garçons respectivement répartis en 4 groupes. Ces groupes étaient composés d'élèves de première année (P2A) et de deuxième année (P2B) de préparation au professorat d'éducation physique et sportive. L'âge moyen pour les garçons est : 21 ans 1/2 en première année, 22 ans 1/2 en deuxième année; pour les filles : 20 ans 1/2 en première année, 22 ans 1/2 en deuxième année 1966-1967 et 21 ans 1/2 en deuxième année 1967-1968. Les groupes P2A de 1966-1967 et P2B de 1967-1968 sont composés, à quelques exceptions près, des mêmes éléments.

Le tableau II indique la valeur de la moyenne et de l'écart-type des mesures de l'épaisseur des plis tégumentaires aux 9 zones de Fletcher (voir Méthode).

Les figures 1 et 2 illustrent ce tableau et permettent de comparer d'un groupe à l'autre l'épaisseur des plis et l'importance relative de chacun d'eux par rapport à la somme des plis dans les 9 zones. Chez les garçons comme chez les filles, le pli tégumentaire postérieur interscapulo-vertébral (D3) est le plus épais de tous; les plis tégumentaires antérieurs ont une épaisseur plus grande au niveau des zones cervicale antérieure (A2) et sous-claviculaires (B2) qu'au niveau des zones bicipitales (AF1) et pectoro-axillaires (A1). L'épaisseur moyenne des plis tégumentaires mesurés chez les garçons au niveau d'une zone donnée est presque toujours inférieure à l'épaisseur moyenne des plis tégumentaires mesurés dans la même zone chez les filles.

Chez les filles, les valeurs des épaisseurs moyennes des plis sont moins bien groupées au niveau des zones bicipitales et pectoro-axillaires qu'au niveau des autres zones. Chez les garçons toutes les valeurs sont au contraire bien groupées au niveau de toutes les zones. Les écarts-types les plus grands sont

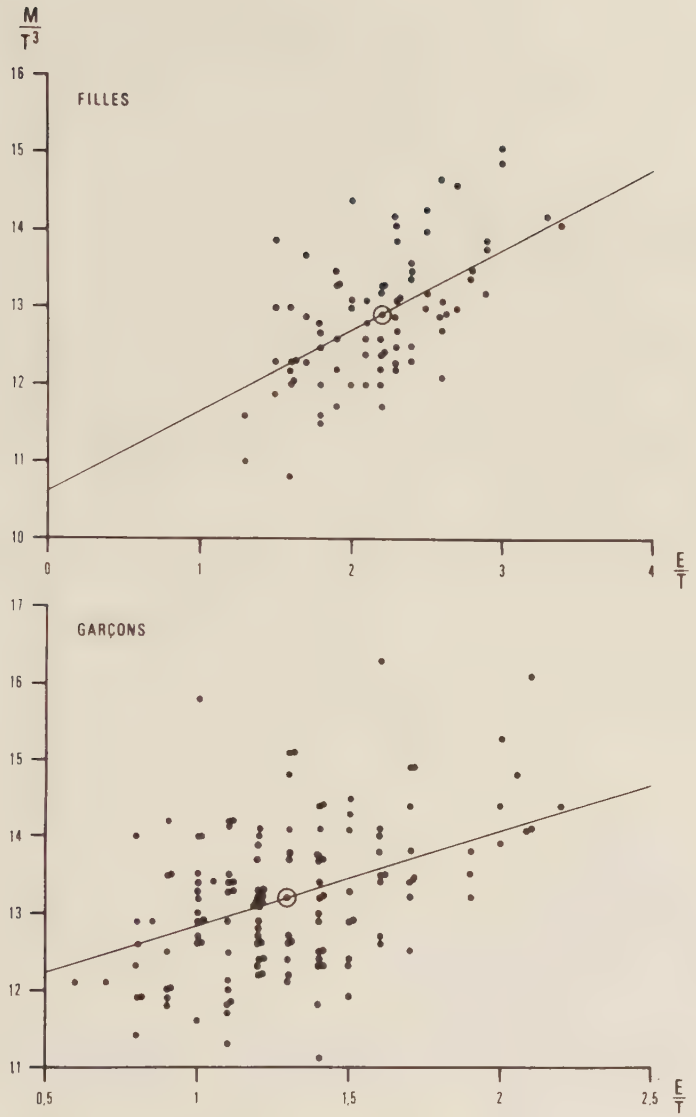

FIGURE 3 : Nuage des points d'abcisse E/T, d'ordonnée M/T^3 et droite de régression correspondante.
Groupes P_2A 1966-67, P_2B 1966-67, P_2A 1967-68. 83 filles, 140 garçons.
E : épaisseur du pli cutané moyen en mm, T : taille en m, M : poids en kg.

	FILLES			
	MASSE GRASSE			
	VALEUR ABSOLUE		POURCENTAGE	
	M	E-T	M	E-T
P2A - 1966-1967 32 Etudiantes	9,1	1,5	15,4	2,1
P2B - 1966-1967 23 Etudiantes	8,1	2,1	14,7	3,4
P2A - 1967-1968 28 Etudiantes	8,4	1,7	15,2	2,4
P2B - 1967-1968 32 Etudiantes	9,0	1,8	15,6	2,6
	GARCONS			
	MASSE GRASSE			
	VALEUR ABSOLUE		POURCENTAGE	
	M	E-T	M	E-T
P2A - 1966-1967 49 Etudiants	6,5	1,5	9,4	1,9
P2B - 1966-1967 42 Etudiants	6,2	1,7	8,6	2,1
P2A - 1967-1968 51 Etudiants	6,2	1,3	9,0	1,9
P2B - 1967-1968 46 Etudiants	6,7	1,6	9,6	1,8

TABLEAU III

Moyenne M et écart type E-T de la masse grasse exprimée en kg et du pourcentage corporel de la masse grasse chez 4 groupes de filles et 4 groupes de garçons.

observés pour le pli interscapulo-vertébral chez les garçons et les filles, pour le pli bicipital uniquement chez les filles.

L'épaisseur des plis symétriques est sensiblement identique alors que tous les sujets examinés étaient à deux ou trois exceptions près des droitiers.

La mesure de l'épaisseur du pli tégumentaire permet, après soustraction du double pli de peau dont la valeur est indiquée dans le chapitre Méthode, de déterminer l'épaisseur du pli de graisse et, en utilisant la formule de Fletcher, d'estimer la masse grasse.

La figure 3 permet de justifier l'utilisation de l'équation de Fletcher (1962) pour le calcul de la valeur absolue de la masse grasse à partir de nos mesures de plis de graisse. On a construit pour les garçons et pour les filles les nuages de points d'abscisse E/T et d'ordonnée M/T^3, où M est le poids en kilogrammes, T la taille en mètre, E l'épaisseur du pli de graisse moyen exprimé en millimètres. Dans chaque figure, on constate que les points sont distribués le long d'un grand axe passant par un point de coordonnées moyennes 2,2 et 12,9 pour les filles et 1,3 et 13,2 pour ls garçons. La pente de ce grand axe est fournie par le coefficient de régression deM/T^3 en fonction de E/T (voir Méthode). La valeur de ce coefficient est de 1,06 pour les filles et 1,16 pour les garçons.

Le tableau III fournit la valeur moyenne et l'écart-type de la masse grasse ainsi calculée et du pourcentage de cette masse par rapport au poids corporel. Chez les filles, la valeur moyenne de la masse grasse est comprise entre 8,1 et 9,1 kg, chez les garçons entre 6,2 et 6,7 kg. La graisse représente environ 15 % du poids du corps chez les filles et 9 % chez les garçons.

Le tableau IV résume les caractéristiques morphologiques et physiologiques moyennes des sujets concernés par les tableaux II et III; les informations ont été recueillies dans le fichier médical de chaque étudiant. Trois indices souvent utilisés pour évaluer les aptitudes sportives et calculés à partir de certaines mensurations figurent dans le tableau : l'indice de Sheldon commenté

		FILLES				GARCONS			
		P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68
POIDS P (kg)	N	35	23	29	32	52	42	50	44
	M	58,60	55,00	55,40	57,40	68,90	72,70	70,00	69,50
	E-T	4,50	3,70	5,00	4,50	6,70	7,60	6,40	7,10
TAILLE T (m)	N	35	23	29	32	52	42	50	44
	M	1,64	1,62	1,64	1,64	1,74	1,76	1,73	1,73
	E-T	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
TAILLE ASSISE A (cm)	N	27	21	18		50	30	39	
	M	85,60	85,30	84,30		90,70	90,40	89,60	
	E-T	3,20	2,50	2,40		2,70	4,10	3,10	
LONGUEUR DES JAMBES J (cm)	N	27	19	18		48	30	39	
	M	78,60	77,10	78,00		83,80	86,80	83,40	
	E-T	4,10	2,30	4,40		4,40	5,30	4,10	
PERIMETRE XIPHOIDIEN INS. - XI (cm)	N	28	21	18		52	32	45	
	M	80,10	80,70	80,30		93,80	95,50	93,90	
	E-T	3,20	3,20	3,60		5,20	3,90	3,70	
PERIMETRE XIPHOIDIEN EXP. - XE (cm)	N	28	21	18		52	32	45	
	M	71,00	71,40	73,20		84,40	84,90	84,20	
	E-T	3,50	3,30	6,60		5,30	5,70	3,80	
PERIMETRE ABDOMINAL AB (cm)	N	28	21	18		45	30	43	
	M	68,70	69,10	68,30		76,30	77,30	76,70	
	E-T	3,80	4,20	4,30		3,90	4,50	3,70	

TABLEAU IV

Moyenne M et écart-type E-T des caractéristiques morphologiques et physiologiques d'étudiants filles ou garçons respectivement distribués en 4 groupes. N est le nombre d'étudiants dans chaque groupe.

		FILLES				GARCONS			
		P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68
CAPACITE VITALE CV (1)	N	29	21	18		49	33	45	
	M	3,40	3,20	3,30		4,80	5,10	4,70	
	E-T	0,30	0,30	0,40		0,60	0,80	0,70	
SURFACE CORPORELLE S (m2)	N	34	22	28	32	52	42	50	44
	M	1,64	1,58	1,60	1,62	1,83	1,89	1,84	1,83
	E-T	0,08	0,07	0,09	0,08	0,12	0,13	0,11	0,12
RAPPORT J/T	N	27	19	18		48	30	39	
	M	0,48	0,47	0,48		0,48	0,49	0,48	
	E-T	0,02	0,01	0,02		0,01	0,02	0,01	
RAPPORT CV/S	N	29	18	17		47	32	42	
	M	2,05	2,00	2,00		2,62	2,64	2,57	
	E-T	0,13	0,17	0,20		0,26	0,31	0,30	
INDICE DE RUFFIER IS	N	28	21	17		42	30	43	
	M	5,31	5,59	5,22		4,05	5,30	4,28	
	E-T	1,91	1,58	0,85		1,70	1,90	1,09	
PIMO PI	N	28	19	18		42	29	42	
	M	20,10	24,30	22,80		13,40	9,93	12,13	
	E-T	4,28	3,94	5,64		7,16	8,56	7,02	
INDICE DE SHELDON IS	N	35	23	29	32	52	42	50	44
	M	42,20	42,70	43,00	42,40	42,40	42,30	42,10	42,20
	E-T	0,91	0,82	1,00	0,88	0,94	0,99	1,10	0,98

TABLEAU IV (suite)

Moyenne M et écart-type E-T des caractéristiques morphologiques et physiologiques d'étudiants filles ou garçons respectivement distribués en 4 groupes. N est le nombre d'étudiants dans chaque groupe.

dans le chapitre I, l'indice de Pimo et l'indice de Ruffier au sujet desquels quelques détails sont nécessaires.

— L'indice de Pimo dérive de l'indice de Pignet. Il tire son nom de cette origine : PIgnet MOdifié.

L'indice de Pignet donné par la formule suivante :

(Taille en cm) — (Poids en kg + Périmètre thoracique moyen en cm).

avait été l'objet d'un certain nombre de critiques parce qu'il avantageait les sujets présentant une surcharge graisseuse. L'introduction du périmètre abdominal dans la formule, par Ruffier, a permis de pallier cet inconvénient. Perolini en ajoutant la capacité vitale a voulu donner une valeur fonctionnelle à cet indice. Finalement, on calcule cet indice en appliquant la formule suivante :

(Taille — 100 + Périmètre abdominal) — (Poids + Capacité vitale + 20).

La taille et le périmètre abdominal sont exprimés en centimètres, le poids en kilogrammes et la capacité vitale en décilitres. L'appréciation de la résistance physique dépend de l'intervalle dans lequel est situé l'indice de Pimo; elle est très bonne de 0 à 10, bonne de 10 à 20, médiocre de 20 à 30, mauvaise au-dessus de 30.

— L'indice de Ruffier Dickson prend en considération les variations qu'un exercice court mais assez intense fait subir au pouls. Cet exercice consiste généralement en flexions répétées des jambes 30 fois de suite en 45 secondes. A chaque reprise, le sujet, les bras croisés, doit s'asseoir sur les talons. On note le pouls avant l'exercice (P), immédiatement après l'exercice (P′) et 1 minute plus tard (P″). L'indice est donné par la formule suivante :

$$\frac{(P' - 70) + 2\ (P'' - P)}{10}$$

	EVOLUTION DES PLIS TEGUMENTAIRES			
	FILLES 29 Etudiantes		GARCONS 42 Etudiants	
	Moyenne des Différences	t de Student	Moyenne des Différences	t de Student
A2	+ 0,20	+ 1,00	- 0,10	- 1,95 *
B2G	+ 0,60	+ 4,90 ***	- 0,10	- 0,66
B2D	+ 0,80	+ 6,26 ***	+ 0,10	+ 0,79
D3G	- 0,10	- 1,07	+ 0,30	+ 3,76 ***
D3D	- 0,20	- 1,72 *	+ 0,30	+ 3,54 ***
AF1G	- 2,20	- 8,92 ***	- 0,03	- 0,39
AF1D	- 1,80	- 8,45 ***	- 0,04	- 0,47
A1G	+ 1,80	+ 8,68 ***	- 0,04	- 0,39
A1D	+ 1,30	+ 7,53 ***	+ 0,005	+ 0,05
	EVOLUTION DE LA MASSE GRASSE			
	FILLES 29 Etudiantes		GARCONS 42 Etudiants	
	Moyenne des Différences	t de Student	Moyenne des Différences	t de Student
M. G.	- 0,1	- 0,32	+ 0,2	+ 1,28
%	+ 0,2	+ 0,58	+ 0,1	+ 0,59

TABLEAU V

Evolution des plis tégumentaires, de la masse grasse et du pourcentage de graisse. Pour chacune de ces variables, le tableau indique les moyennes des différences des valeurs trouvées en 1967-1968 et en 1966-1967 et la valeur du quotient test t de Student permettant de comparer cette moyenne avec la valeur 0.

* La moyenne est significativement différente de 0 au seuil 0,10
** La moyenne est significativement différente de 0 au seuil 0,05
*** La moyenne est significativement différente de 0 au seuil 0,01
**** La moyenne est significativement différente de 0 au seuil 0,001

L'appréciation des possibilités d'adaptation cardio-vasculaire à l'exercice physique dépend de l'intervalle dans lequel est situé l'indice de RUFFIER DICKSON. Ces possibilités sont mauvaises pour un résultat supérieur à 8, moyennes pour un résultat compris entre 6 et 8, bonnes pour un résultat compris entre 3 et 6, excellentes lorsque le résultat est inférieur à 3.

Le tableau V permet d'apprécier l'évolution à un an d'intervalle des plis tégumentaires et de la masse grasse exprimée en valeur absolue ou en pourcentage du poids du corps chez 29 filles et 42 garçons appartenant d'abord au groupe P2A au cours de l'année scolaire 1966-1967, puis au groupe P2B au cours de l'année 1967-1968. Les moyennes des différences sont fournies pour chaque variable. La valeur du quotient - test t de STUDENT permet de comparer cette moyenne avec la valeur O. Ce tableau

	FILLES				GARCONS			
	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68
N	29	22	27	31	45	36	48	44
HAIES	- 0,01	- 0,32	- 0,21	- 0,21	- 0,10	- 0,24	- 0,15	- 0,30**
DISQUE	- 0,06	+ 0,03	+ 0,10	- 0,04	+ 0,48	+ 0,03	+ 0,13	- 0,09
JAVELOT	- 0,17	+ 0,02	- 0,03	- 0,49***	+ 0,27*	+ 0,07	+ 0,13	+ 0,40***
PERCHE					+ 0,27*	- 0,10	- 0,04	- 0,20
SOL	- 0,52***	- 0,12	+ 0,02	- 0,33*	+ 0,03	- 0,37**	- 0,05	- 0,18
AGRES	- 0,35*	- 0,01	- 0,04	- 0,27	+ 0,16	- 0,05	- 0,06	- 0,17
SPORTS COLLECTIFS	+ 0,13	+ 0,05	+ 0,09	+ 0,11	+ 0,08	+ 0,005	- 0,04	+ 0,09
NATATION	+ 0,17	+ 0,28	+ 0,18	+ 0,27	+ 0,09	- 0,09	+ 0,15	+ 0,18
RYTHMIQUE	- 0,46**	- 0,35*	+ 0,27	- 0,14				

TABLEAU VI

Coefficients de corrélation entre les notes obtenues dans différentes disciplines sportives et la valeur absolue de la masse grasse chez des filles ou des garçons respectivement distribués en 4 groupes d'un nombre N d'étudiants.

* Significatif au seuil 0,10
** Significatif au seuil 0,05
*** Significatif au seuil 0,01
**** Significatif au seuil 0,001

montre les modifications dans la répartition de la graisse mais la constance de la masse grasse.

Les tableaux suivants VI et VII indiquent la valeur des coefficients de corrélation entre les notes obtenues à l'examen de fin d'année et les valeurs de la masse grasse. La valeur absolue de la masse grasse et le pourcentage de graisse par rapport au poids du corps ont été respectivement pris en considération. Les notes d'examen concernent les épreuves d'athlétisme (disque, javelot pour les garçons et pour les filles; 110 mètres haies et perche pour les garçons, 80 mètres haies pour les filles), de gymnastique (exercice au sol et aux agrès), de natation (4 fois 25 mètres, 4 nages différentes), de sports collectifs, et de rythmique chez les filles. Les différents résultats seront commentés en suivant l'ordre de ces disciplines.

	FILLES				GARCONS			
	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68
N	29	22	27	31	45	36	48	44
HAIES	- 0,14	- 0,22	- 0,22	- 0,33*	- 0,20	- 0,21	- 0,27*	- 0,41***
DISQUE	- 0,12	+ 0,15	- 0,06	+ 0,07	+ 0,37**	- 0,18	- 0,05	- 0,03
JAVELOT	- 0,08	+ 0,06	- 0,22	- 0,45***	+ 0,26*	- 0,17	- 0,001	+ 0,35**
PERCHE					+ 0,26*	- 0,15	- 0,10	+ 0,20
SOL	- 0,43**	- 0,17	- 0,11	- 0,29	+ 0,11	- 0,25	+ 0,10	+ 0,03
AGRES	- 0,25	+ 0,04	+ 0,13	- 0,17	+ 0,10	- 0,07	+ 0,09	+ 0,05
SPORTS COLLECTIFS	+ 0,28	+ 0,02	+ 0,32*	+ 0,12	- 0,05	- 0,18	- 0,12	+ 0,02
NATATION	+ 0,19	+ 0,13	+ 0,13	+ 0,23	+ 0,07	+ 0,04	+ 0,20	+ 0,21
RYTHMIQUE	- 0,26	- 0,15	- 0,30	- 0,10				

TABLEAU VII

Coefficients de corrélation entre les notes obtenues dans différentes disciplines et le pourcentage de la masse grasse chez des filles ou des garçons respectivement distribués en 4 groupes d'un nombre N d'étudiants.

* Significatif au seuil 0,10
** Significatif au seuil 0,05
*** Significatif au seuil 0,01
**** Significatif au seuil 0,001

I. — ATHLÉTISME

— Haies

Chez les filles et les garçons du groupe P2B 1967-1968 et chez les garçons du groupe P2A 1967-1968 on trouve un coefficient de corrélation significativement différent de zéro entre les notes de haies et le pourcentage de graisse. Pour les garçons du groupe P2B 1967-1968, il existe également un coefficient de corrélation significatif avec la valeur absolue de la masse grasse. Le signe de ces coefficients indique une variation inverse de la masse grasse et des performances en course de haies.

— Disque, javelot, perche

Chez les filles du groupe P2B 1967-1968, les notes de javelot sont corrélées de façon significative à la masse et au pourcentage de graisse. L'existence d'un coefficient de corrélation négatif indique que ces variables évoluent en sens inverse.

Chez les garçons appartenant au groupe P2A 1966-1967, on trouve un coefficient de corrélation significatif entre les notes obtenues aux épreuves de disque, javelot, perche et la masse grasse ou le pourcentage de graisse. Le coefficient est affecté d'un signe positif qui indique que l'accroissement de la masse grasse est accompagné d'une amélioration des performances dans ces disciplines. Un an après, le groupe P2B 1967-1968 composé à quelques exceptions près de mêmes individus que le groupe P2A 1966-1967 présente un coefficient de corrélation significatif uniquement pour le lancer du javelot.

II. — GYMNASTIQUE

— Sol

Chez les filles P2A 1966-1967, il existe un coefficient de corrélation significatif entre les notes obtenues pour les exercices exécutées au sol et la masse grasse ou le pourcentage de masse grasse. Après un an d'évolution ce groupe devenu P2B 1967-1968 et composé à peu de choses près des mêmes individus, ne présente plus qu'un coefficient de corrélation significatif entre les notes de sol et la valeur absolue de la masse grasse. Les coefficients sont négatifs et indiquent que masse grasse et notes évoluent en sens inverse dans ces spécialités. Chez les garçons, on peut retenir un coefficient de corrélation négatif entre la valeur absolue de la masse grasse et les notes de sol pour le groupe P2B 1966-1967.

— Agrès

Chez les filles du groupe P2A 1966-1967, on trouve un coefficient de corrélation significatif exprimant par son signe les variations en sens opposé de la valeur absolue de la masse grasse et de la notation aux agrès.

III. — SPORTS COLLECTIFS

Chez les filles du groupe P2A 1967-1968, un coefficient de corrélation significatif apparaît entre les notes de sports collectifs et le pourcentage de masse grasse. Pourcentage de masse grasse et notes de sports collectifs évoluent dans le même sens puisque le coefficient est affecté d'un signe positif.

IV. — NATATION

On ne rencontre aucun coefficient de corrélation significatif chez les filles ou chez les garçons.

V. — RYTHMIQUE

Pour les groupes P2A 1966-1967 et P2B 1966-1967 des filles, on note un coefficient de corrélation significatif et affecté d'un signe négatif indiquant que les changements de valeur absolue de la masse grasse sont accompagnés de changements inverses des notes.

	FILLES				GARCONS			
	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68
HAIES								
N	22	18	18	25	41	28	37	42
V, %	- 0,15	- 0,09	- 0,07	- 0,18	- 0,20	- 0,21	- 0,27*	- 0,41***
V, J	+ 0,31	+ 0,13	+ 0,08	+ 0,49**	- 0,17	+ 0,28	+ 0,43***	+ 0,15
J, %	- 0,07	- 0,02	- 0,17	- 0,06	- 0,17	+ 0,06	- 0,16	+ 0,09
V, % - J	- 0,14	- 0,12	- 0,06	- 0,17	- 0,17	- 0,24	- 0,23	- 0,43***
DISQUE								
N	23	18	18	25	41	28	37	42
V, %	- 0,09	+ 0,09	- 0,30	- 0,01	+ 0,39**	- 0,18	- 0,06	+ 0,002
V, J	+ 0,08	+ 0,11	+ 0,46*	+ 0,17	+ 0,20	+ 0,51***	+ 0,39**	+ 0,03
J, %	- 0,07	- 0,02	- 0,17	- 0,06	- 0,17	+ 0,06	- 0,16	+ 0,09
V, % - J	- 0,003	+ 0,11	- 0,25	- 0,003	+ 0,44***	- 0,24	+ 0,001	- 0,001
JAVELOT								
N	23	18	18	25	41	28	37	42
V, %	- 0,04	+ 0,14	- 0,56**	- 0,34*	+ 0,27*	+ 0,02	- 0,08	+ 0,36**
V, J	- 0,15	- 0,13	+ 0,46*	- 0,09	+ 0,26*	+ 0,26	+ 0,18	+ 0,30**
J, %	- 0,07	- 0,02	- 0,17	- 0,06	- 0,17	+ 0,06	- 0,16	+ 0,09
V, % - J	- 0,05	+ 0,17	- 0,55**	- 0,35*	+ 0,33**	+ 0,01	- 0,05	+ 0,35**
AGRES								
N	23	18	18	25	41	29	37	43
V, %	- 0,08	- 0,02	+ 0,34	- 0,17	+ 0,12	+ 0,06	+ 0,01	+ 0,05
V, A	- 0,06	- 0,25	- 0,37	- 0,16	- 0,20	+ 0,10	- 0,37**	- 0,25
A, %	+ 0,14	- 0,44*	- 0,34	+ 0,09	+ 0,004	- 0,17	- 0,04	+ 0,19
V, % - A	- 0,08	- 0,15	+ 0,25	- 0,15	+ 0,12	+ 0,08	- 0,08	+ 0,10

TABLEAU VIII

Coefficients de corrélation directs et partiels entre les notes (V) obtenues dans une discipline sportive, le pourcentage de masse grasse (%) et une des caractéristiques définies dans le tableau n° III, chez des filles ou des garçons respectivement distribués en 4 groupes d'un nombre N d'étudiants.

* Significatif au seuil 0,10
** Significatif au seuil 0,05
*** Significatif au seuil 0,01
**** Significatif au seuil 0,001

	FILLES				GARCONS			
	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68	P2A 66-67	P2B 66-67	P2A 67-68	P2B 67-68
NATATION								
N	25	18	18	28	41	31	40	43
V, %	+ 0,12	+ 0,11	+ 0,04	+ 0,13	+ 0,11	+ 0,03	+ 0,17	+ 0,21
V, CV	+ 0,16	+ 0,41*	+ 0,24	+ 0,36*	- 0,06	- 0,26	- 0,07	- 0,03
CV, %	- 0,23	- 0,31	- 0,33	+ 0,01	+ 0,36**	- 0,27	- 0,32**	+ 0,31**
V, % - CV	+ 0,17	+ 0,26	+ 0,13	+ 0,14	+ 0,15	- 0,04	+ 0,16	+ 0,23
NATATION								
N	24	18	17	27	36	28	40	39
V, %	+ 0,12	+ 0,11	+ 0,04	+ 0,13	+ 0,06	+ 0,13	+ 0,17	+ 0,19
V, IR	- 0,12	+ 0,01	+ 0,15	- 0,04	+ 0,20	+ 0,22	+ 0,04	+ 0,06
IR, %	- 0,10	+ 0,10	- 0,20	- 0,11	- 0,19	- 0,48***	+ 0,08	- 0,10
V, % - IR	+ 0,11	+ 0,11	+ 0,07	+ 0,09	+ 0,10	+ 0,27	+ 0,14	+ 0,25
PERCHE								
N					41	28	37	42
V, %					+ 0,25	- 0,19	- 0,20	+ 0,17
V, J					+ 0,13	+ 0,32*	+ 0,18	+ 0,22
J, %					- 0,17	+ 0,06	- 0,16	+ 0,09
V, % - J					+ 0,27*	- 0,22	- 0,17	+ 0,15
ENSEMBLE								
N	30	22	27	31	45	35	48	44
V, %	- 0,17	- 0,08	- 0,001	- 0,35**	+ 0,22	- 0,28*	+ 0,06	+ 0,09
V, IS	+ 0,20	- 0,04	+ 0,08	+ 0,19	- 0,11	+ 0,0006	+ 0,05	- 0,16
IS, %	- 0,22	- 0,31	- 0,51***	- 0,29	- 0,35**	- 0,22	- 0,03	- 0,18
V, % - IS	- 0,13	- 0,09	+ 0,04	- 0,32*	+ 0,19	- 0,28	+ 0,06	+ 0,07

TABLEAU VIII (suite)

Coefficients de corrélation directs et partiels entre les notes (V) obtenues dans une discipline sportive, le pourcentage de masse grasse (%) et une des caractéristiques définies dans le tableau n° III, chez des filles ou des garçons respectivement distribués en 4 groupes d'un nombre N d'étudiants.

* Significatif au seuil 0,10
** Significatif au seuil 0,05
*** Significatif au seuil 0,01
**** Significatif au seuil 0,001

Le tableau VIII présente des coefficients de corrélation partiels. Ces coefficients ont été calculés pour la raison suivante : dans certaines disciplines, la conformation particulière d'un sujet peut être un élément favorable ou défavorable aux performances du sujet. En calculant des coefficients de corrélation partiels, on cherche à éliminer l'influence de ce facteur sur les coefficients de corrélation obtenus entre les notes d'une discipline et le pourcentage de graisse des individus. Les coefficients de corrélation partiels indiquent quels seraient les coefficients de corrélation entre les notes d'une discipline donnée et le pourcentage de masse grasse si la valeur d'une caractéristique déterminée était identique pour tous les individus d'un groupe. Leur calcul (Snedecor, 1950) nécessite la connaissance des coefficients de corrélation entre les notes et le pourcentage de graisse d'une part, entre les notes et le facteur morphologique étudié d'autre part, enfin entre ce dernier facteur et le pourcentage de graisse.

Pour les courses de haies et les épreuves d'athlétisme, disque, javelot, perche, la longueur des jambes a été prise en considération.

Pour les agrès on a tenu compte de la longueur du tronc.

Pour la natation on a écarté, soit l'influence de la capacité vitale, soit l'influence de la capacité d'adaptation cardio-vasculaire évaluée grâce à l'indice de Ruffier.

Enfin, pour les notes d'ensemble, le morphotype du sujet, évalué grâce à l'indice de Sheldon, a été pris en considération.

DISCUSSION

I. — PLIS TÉGUMENTAIRES

Mesurés en vue de déterminer la masse grasse d'un sujet, les plis tégumentaires permettent déjà, à eux seuls, d'apprécier grossièrement le degré d'adiposité de ce sujet.

Brozek (1956) classe les sujets d'après l'épaisseur du pli tégumentaire interscapulo-vertébral en 3 catégories : normale si le pli est compris entre 8,5 mm et 33 mm (avec une moyenne à 16,5 mm), grasse si le pli est supérieur à 33 mm, mince s'il est inférieur à 8,5 mm. Les étudiants de l'Institut d'Education Physique et Sportive de Toulouse appartiennent donc dans l'ensemble à cette dernière catégorie. Il semble que le choix particulier de ce pli tégumentaire pour définir l'adiposité d'un sujet est justifié par la grande variabilité de l'épaisseur moyenne du pli dans cette zone; on a pu constater en effet (tabeau II) que l'écart-type, qui définit cette variabilité, y est plus grand que pour tout autre pli. Pour des raisons analogues, le pli bicipital pourrait très bien servir d'indice d'adiposité chez les filles.

La localisation, dans la partie supérieure du thorax, des zones de mesure utilisées pour le calcul de la masse grasse a été conditionnée par le choix de la méthode de Fletcher (1962) pour ce calcul. On peut constater, comme l'a déjà fait remarquer cet auteur, que les proportions relatives des épaisseurs des plis tégumentaires sont pratiquement identiques dans les deux sexes au niveau des différentes zones. En d'autres zones cependant cette identité peut ne pas être vérifiée en raison des différences sexuelles (Vague, 1953).

II. — MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA MASSE GRASSE A PARTIR DES PLIS DE GRAISSE

La somme des 9 plis de graisse introduite dans la formule de Fletcher (1962) permet de calculer la masse grasse.

— Validité de la méthode

La distribution des points d'abscisse E/T et d'ordonnée M/T^3 (M : poids en kilogramme, T : taille en mètre, E : épaisseur du pli de graisse moyen exprimé en millimètres) de part et d'autre de la droite de régression est assez semblable à celle que fournit Fletcher. La régression est significative au seuil 0,001 ($r = 0,55$ pour les filles, $r = 0,41$ pour les garçons) ce qui justifie la méthode et permet l'utilisation de l'équation générale de Fletcher (1962) :

$$MG = K \times E \times T^2$$

qui s'écrit en faisant intervenir la somme des 9 plis de graisse :

$$MG = \frac{K}{9} \times SG \times T^2$$

où K est le coefficient de régression de M/T^3 en fonction de E/T.

Les valeurs de 1,06 pour les filles et 1,16 pour les garçons obtenues pour K, soit 0,12 et 0,13 pour K/9, peuvent être comparées aux valeurs respectives de 0,10 et 0,09 établies par Fletcher pour ce dernier coefficient (1).

Ces coefficients sont comme on le voit légèrement différents de ceux de Fletcher. Deux raisons ont amené à conserver dans l'équation de Fletcher les coefficients d'origine : l'échantillonnage des morphologies étudiées par Fletcher était plus varié que celui de notre travail; les résultats fournis par l'utilisation de ces coefficients ont été vérifiés par cet auteur en déterminant la valeur de la masse grasse par d'autres méthodes.

— Autres méthodes

Il existe d'autres procédés permettant de calculer la masse grasse à partir de la mesure du pli de graisse. Quelques temps après le début de cette étude François (1968) a décrit une méthode qui diffère de la méthode de Fletcher sur les points suivants :

---

(1) En fait Fletcher prend indifféremment pour les sujets masculins ou féminins la valeur de 0,1.

a) L'équation qui fournit la valeur de la masse grasse ne fait intervenir qu'un pli de graisse, soit directement chez la fille, soit sous forme de son logarithme naturel chez le garçon.

b) Les plis de graisse sont mesurés en 5 zones : tricipitale, pectoro-axillaire et axillaire moyenne avec en plus, chez les garçons les zones sous claviculaires et interscapulo-vertébrales, chez les filles les zones iliaques et bicipitales (ou encore cervicale antérieure). L'équation qui fournit la valeur de la teneur en graisse n'est pas la même pour chaque zone.

c) Les résultats des équations sont validés en appliquant le test de Dixon ou test des valeurs extrêmes (Documenta Geigy, 1963).

d) La moyenne des valeurs qui ont été retenues est considérée comme la valeur finale de la teneur en graisse du sujet.

Le choix quelque peu différent des zones de mesure ne nous a pas permis d'appliquer exactement la méthode de François et de comparer convenablement les résultats obtenus par cette méthode et celle de Fletcher; cependant, en utilisant les plis communs aux deux méthodes, c'est-à-dire sous-claviculaire (B2), pectoro-axillaire (A1), interscapulo-vertébral (D3) pour les garçons, pectoro-axillaire (A1), bicipital (AF1) et cervical antérieur (A2) pour les filles, il est possible de calculer des valeurs de masses grasses.

Un échantillonnage de calculs comparés aux résultats fournis par la méthode de Fletcher montre que chez les sujets féminins les résultats sont concordants; chez les sujets masculins, ils sont légèrement inférieurs mais compatibles. On trouve parfois à partir des plis de graisse B2 et A1 des résultats négatifs.

III. — LES RÉSULTATS

L'évaluation de la masse grasse chez les étudiants de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de Toulouse nous a conduit à rechercher des valeurs de référence pour situer l'adiposité de ces sujets. La définition de l'adiposité standard varie selon les auteurs, la méthode utilisée pour mesurer la masse grasse et aussi la population.

Les mesures de Fletcher (1962) effectuées sur 240 sujets de 15 à 75 ans atteints de maladies variées ne peuvent nous fournir de norme concernant l'individu sain.

François qui a mesuré la masse grasse par méthode anthropométrique chez 69 hommes et 51 femmes d'âges variés considère un homme mince lorsque sa graisse corporelle représente 5 à 12 % du poids du corps, normal si le pourcentage est compris entre 12 et 18 %, adipeux si ce pourcentage est situé entre 18 % et 25 %, obèse au-delà. Pour les femmes, les limites respectives sont : 9 à 18 %, 18 % à 25 %, 25 % à 32 % et au-delà. Ces valeurs sont utilisables pour des sujets de moins de 30 ans.

Chez 30 sujets du sexe masculin et 30 sujets du sexe féminin âgés de 25 à 30 ans, Vague (1953, 1969) mesure le pli cutané et la circonférence à la racine des membres, détermine un rapport adiposo-musculaire et en déduit le pourcentage de graisse global. Il évalue ainsi le pourcentage de graisse chez le sujet normal à 14 % pour l'homme et à 32 % pour la femme.

Edelman et coll. (1952), après avoir évalué l'eau totale de l'organisme par une méthode de dilution, considèrent que l'homme jeune normal présente 18 % de graisse, la femme jeune normale 32 %.

Brozek (1952), utilisant les méthodes densitométriques chez 25 hommes entre 18 et 30 ans, trouve 14 % de graisse chez l'homme.

A la lumière des résultats précédents, on constate que tous les auteurs définissent l'adiposité normale chez un homme jeune par un pourcentage de graisse compris entre 12 et 18 %; chez une femme jeune l'adiposité normale est définie de façon moins précise par un pourcentage de graisse variant entre 18 et 32 % suivant les auteurs. Ainsi les pourcentages d'adiposité moyens, 15 % chez les 83 filles et 9 % chez les 142 garçons, permettent de classer tous ces étudiants dans la catégorie des sujets minces.

Ces résultats doivent être replacés dans le cadre des autres données anthropométriques : le poids moyen des garçons est compris entre 68,9 kg et 72,7 kg. Il est au seuil de 5 %, significativement supérieur au poids moyen de sujets du même âge établi par Twiesselmann (1969). Cet auteur, à la suite d'une enquête statistique portant sur 185 mesures effectuées chez de jeunes Bruxellois de 21 à 25 ans, a trouvé une valeur moyenne de 66,68 kg avec un écart-type de 9,2. Quant à la taille moyenne, elle est identique dans nos statistiques et dans celles de Twiesselmann (1969) portant sur 190 sujets : soit 1,74 m (écart type 6,50). Ainsi on peut conclure que les garçons de l'Institut Régional d'Education Physique de Toulouse sont plus lourds que la moyenne et

que leur masse maigre est supérieure à la moyenne. Cette constatation est en accord avec la classification de ces sujets par l'indice de Sheldon dans la catégorie des mésomorphes, c'est-à-dire des sujets dont le développement musculaire est important. Le poids moyen et la taille moyenne des filles sont tout à fait comparables à ceux que trouve Twiesselmann (1969) : soit respectivement 56,25 kg (écart-type 8,67) et 1,62 m (écart-type 5,47), statistiques établies sur 55 sujets pour le poids et 54 sujets pour la taille.

IV. — ÉVOLUTION DE LA MASSE GRASSE

Lorsque l'on compare masse grasse et pourcentage de graisse entre le groupe P2A 1966-1967 et le groupe P2B 1967-1968, tous deux composés à quelques exceptions près des mêmes étudiants, on peut apprécier l'évolution de la masse grasse à un an d'intervalle. On constate qu'il n'y a aucun changement ni de la masse grasse ni du pourcentage de masse grasse. La répartition de la graisse a cependant subi des modifications. Ces conclusions ont été validées par l'analyse des résultats de mesures effectuées sur un groupe composé des mêmes garçons ou des mêmes filles à un an d'intervalle. Chez les filles l'épaisseur du pli tégumentaire a en effet augmenté dans les régions thoraciques antérieures au niveau des zones pectoro-axillaire (A1), sous claviculaire (B2), tandis qu'elle a diminué au niveau de la zone bicipitale (AF1). Les changements sont significatifs au seuil 1/1 000e. Chez les garçons la graisse thoracique postérieure augmente de façon légère mais significative également au seuil 1/1 000e tandis qu'elle diminue de façon significative à 10 % dans la zone cervicale antérieure.

Il n'existe aucune référence dans la littérature faisant état de modifications de la répartition de la graisse au cours de l'exercice physique. Des études systématiques sur ce point nous paraissent nécessaires avant d'en discuter la signification.

L'absence de modification de la masse grasse totale est un fait surprenant dans la mesure où la lecture de travaux divers laisse penser que l'exercice physique détermine des modifications de la masse grasse totale. On peut, en mettant à part le problème de la précision de la méthode de mesure employée, formuler plusieurs hypothèses pour expliquer cette stabilité :

1° L'activité physique des étudiants de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de Toulouse ne présente pas les caractères d'un entraînement physique intensif et de ce fait ne place pas les sujets dans des conditions qui déterminent la diminution de la masse grasse. L'enseignement dispensé au cours des années P2A et P2B n'a pas d'ailleurs pour but essentiel d'améliorer les performances sportives des sujets, comme c'est le cas lors de l'année préparatoire au professorat d'éducation physique et sportive, mais seulement d'inculquer des techniques de pédagogie en éducation physique et sportive en même temps que des notions théoriques dans divers domaines. L'examen de fin d'année ne comporte pas en outre une sélection aussi rigoureuse que celle de l'année préparatoire.

2° L'activité physique imposée aux étudiants de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de Toulouse comprend essentiellement des exercices rapides, épuisants et de brève durée qui s'accompagnent d'un métabolisme anaérobie, font appel à une glycolyse et aboutissent à l'accumulation de lactate. Ces exercices sont très différents des exercices modérés et prolongés qui paraissent d'un point de vue métabolique très étroitement liés avec la dégradation des lipides et par conséquent avec une diminution de la masse grasse.

3° L'intervalle d'un an choisi pour effectuer chez ces étudiants les mesures successives n'est pas convenable. Un intervalle de six mois par exemple, compris entre le premier trimestre, époque défavorable à l'activité physique en raison des conditions climatiques et période encore peu éloignée des 3 mois de repos des vacances, et le troisième trimestre où les circonstances sont très différentes, aurait été peut être plus favorable pour objectiver l'effet de l'exercice physique chez les étudiants de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de Toulouse.

V. — CORRÉLATIONS ENTRE NOTATION DES ÉTUDIANTS ET MASSE GRASSE

Il convient ici de discuter les coefficients de corrélation entre la masse grasse des étudiants et les notes de ces mêmes étudiants aux diverses épreuves qui leur ont été imposées lors de l'examen

de fin d'année; ces épreuves comportant plusieurs spécialités, les points à discuter seront envisagés séparément pour chacune d'elles.

A) L'ATHLÉTISME

1° *Notes de haies*

On trouve peu de données concernant les relations de l'adiposité et des performances en course de haies. Cureton (1951) indique que les athlètes de cette spécialité sont plus lourds que la population moyenne à l'inverse des coureurs de fond qui sont plus légers (Costill, 1967) et dont le pourcentage de graisse est de l'ordre de 5 à 9 % (Behnke et coll., 1966). La longueur de jambe joue, aux dires des sportifs, un grand rôle dans l'aptitude à la course de haies car il est indispensable de passer la haie et non de la sauter. Parnell (1951) a confirmé ce fait. Pour écarter l'influence de ce facteur, les coefficients de corrélation partiels ont été calculés dans chaque groupe. Les constatations effectuées à propos des corrélations totales restent dans l'ensemble encore vraies. La masse grasse varie en sens inverse de la notation et il semble que la longueur des jambes des sujets constituant la population étudiée n'exerce aucune influence sur le coefficient de corrélation entre la masse grasse et les notes de haies.

L'entraînement en course de haies paraît avoir une importance considérable que l'on découvre à travers l'évolution des coefficients de corrélation. Les groupes P2B 1967-1968 qui, à quelque exception près, sont constitués par les mêmes sujets que les groupes P2A 1966-1967 présentent des coefficients de corrélation supérieurs à ceux de l'année précédente, alors qu'apparemment aucune variation morphologique ou constitutive n'a pu être décelée.

2° *Disque, javelot, perche*

La masse grasse varie dans le même sens que la notation chez les garçons pour les exercices de lancer du disque et du javelot. Si l'on tient compte que ces garçons sont dans l'ensemble minces, cette corrélation est à rapprocher des observations de Behnke et coll. (1966) montrant que la masse grasse des athlètes spécialisés dans le lancer du poids n'est jamais inférieure à la moyenne.

La masse grasse est au contraire un élément défavorable chez les filles dans les notes du lancer du javelot. Il est difficile d'expliquer cette variation en sens opposé, chez les filles et les garçons, de la masse grasse et des notes et par conséquent des performances de jet du javelot. Elle traduit peut être l'existence de deux composantes assurant le jet, la course préalable et le lancer proprement dit. Ces deux composantes varient dans des sens opposés lorsque varie la masse grasse. On peut aussi penser, après avoir constaté que le groupe des garçons est le plus léger des quatre groupes et celui des filles le plus lourd, qu'il existe un poids corporel optimal pour cette discipline; ce poids serait supérieur au poids moyen des garçons et inférieur au poids moyen des filles. Ainsi un accroissement de la masse grasse chez les garçons et une diminution chez les filles améliorerait les performances.

L'opinion courante, en milieu sportif, veut que dans le lancer du disque et du javelot et dans le saut à la perche la longeur des jambes joue, comme pour les courses de haies, un grand rôle. On a donc calculé, également dans ces disciplines, les coefficients de corrélation partiels. Des coefficients de corrélation significatifs ont effectivement été trouvés entre la longueur des jambes et les notes de lancer dans certains groupes; mais dans l'ensemble, la corrélation entre les notes et la masse grasse n'a pas été influencée par la longueur des jambes. Dans le groupe de garçons P2A 1966-1967, pour le javelot, le coefficient de corrélation partiel est cependant plus significatif que le coefficient de corrélation direct.

On doit attirer l'attention sur la différence de composition des groupes qui ont servi à établir les coefficients de corrélation directs figurant dans le tableau VII et dans le tableau VIII. En ce qui concerne le groupe des filles P2A 1967-1968, il faut attribuer à cette différence l'apparition d'une corrélation significative entre les notes de javelot et le pourcentage de graisse dans le tableau VIII. Ce groupe n'est plus composé que de 18 étudiantes, 9 sujets pour lesquels manquait la mesure de la longueur des jambes ayant été écartés. Parmi les changements susceptibles d'expliquer l'apparition d'un coefficient de corrélation significatif on peut invoquer en particulier des différences de stature. Les 9 étudiantes écartées avaient une taille (1,66 m) supérieure à la moyenne du groupe des 27 étudiants et le groupe restant des 18 étudiantes avaient une taille inférieure à la moyenne (1,62 m).

B) GYMNASTIQUE

— Les coefficients de corrélation trouvés en gymnastique accréditent nettement l'opinion sportive suivant laquelle les sujets minces, surtout parmi les filles, excellent en gymnastique et en particulier dans les exercices au sol.

— On ne peut comparer, pour les groupes d'étudiants suivis pendant 1 an (P2A 1966-1967, P2B 1967-1968), les coefficients de corrélation et juger de leur évolution; en effet, les épreuves de chaque année sont différentes : elles comportent en P2A des figures imposées et en P2B des figures libres.

— De nombreux facteurs conditionnent la réussite en gymnastique : souplesse, coordination, résistance physique, poids; on peut d'ailleurs noter, à propos de ces derniers points, que la moyenne des indices de Pimo et la moyenne des poids des groupes dans lesquels on observe des corrélations significatives sont effectivement supérieures à celles des autres groupes. Cureton (1951) a signalé que les hommes lourds avec des troncs larges et des jambes courtes réussissent particulièrement bien en gymnastique. Cette remarque a conduit à rechercher par des coefficients de corrélation partiels l'influence de la longueur du tronc sur la corrélation entre les notes et la masse grasse. D'après les résultats obtenus, longueur du tronc et performances varient en sens inverse. Les coefficients de corrélation dont un est significatif sont en effet fréquemment affectés de signes négatifs. Cependant, les coefficients de corrélation partiels diffèrent peu des coefficients de corrélation totaux, et aucun n'est significatif.

C) SPORTS COLLECTIFS

Le seul résultat significatif obtenu chez les filles indique que la masse grasse varie dans le même sens que les notes de sports collectifs. Ces sports sont habituellement le volley-ball, le handball et le basket-ball. A l'échelon du championnat, les joueuses spécialisées dans ces sports sont grandes et maigres (Horniak, 1968). Cette constatation est en opposition avec les résultats de ce travail, l'explication paraît cependant assez facile : les étudiantes sont assez éloignées du niveau du championnat et la cotation prend en considération des facteurs autres que la performance physique : sens du jeu, esprit d'équipe, participation à l'activité, de sorte qu'interviennent dans la note à un haut degré des facteurs psychologiques.

D) NATATION

Il n'a pas été trouvé pour cette spécialité de coefficient de corrélation significatif entre les notes et la masse grasse, qu'il s'agisse de la valeur absolue ou du pourcentage. Comme dans les autres disciplines, pour éliminer l'influence de certaines caractéristiques biotypologiques paraissant particulièrement utiles pour réussir en natation, on a calculé des coefficients de corrélation partiels pensant faire ainsi apparaître des relations entre les notes de natation et la masse grasse.

La natation nécessite un effort considérable et l'aptitude cardio-vasculaire d'un sujet doit jouer un grand rôle dans les performances qu'il peut réaliser dans cette discipline. On a pris l'indice de Ruffier comme témoin de l'adaptation cardio-vasculaire. Les coefficients de corrélation partiels entre notes de natation et masse grasse, à indice de Ruffier constant, sont identiques aux coefficients totaux; d'ailleurs on ne trouve pas de corrélation significative entre notes de natation et indice de Ruffier. Au cours de ces calculs on a remarqué que l'indice de Ruffier varie en sens inverse de la masse grasse ; il y a une corrélation significative chez le groupe P2B 1966-1967 des garçons.

Il a été soutenu également que la capacité vitale est en natation un facteur de réussite. Cette affirmation a été toutefois l'objet de quelques critiques par Hollmann (1959) (cité par Van Uytvanck et coll. (1966). La capacité vitale a cependant été utilisée pour calculer de nouveaux coefficients de corrélation partiels entre les notes de natation et le pourcentage de masse grasse. Chez les filles des groupes P2B 1966-1967 et P2B 1967-1968, on a trouvé deux coefficients de corrélation significatifs indiquant par leur signe que les notes varient dans le même sens que la capacité vitale. Par ailleurs, si les coefficients de corrélation partiels ne sont pas significatifs, leur valeur est cependant légèrement supérieure dans l'ensemble à celle des coefficients de corrélation totaux.

L'absence de résultats conformes à l'opinion sportive courante qui donne comme excellents nageurs les sujets légèrement enrobés de graisse est un fait surprenant. Certes, on peut mettre en doute le bien fondé de cette opinion. Cureton (1951) a d'ailleurs seulement indiqué comme caractéristique des champions de natation, la taille et le poids supérieurs à la moyenne. Il a cependant semblé plus profitable de poursuivre l'examen critique de ce travail statistique. Deux explications sont possibles : d'abord les élèves de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de

Toulouse peuvent être relativement moins orientés vers la natation que vers d'autres spécialités; ensuite, les épreuves imposées et la cotation de ces épreuves ne constituent peut être pas la meilleure façon d'évaluer l'aptitude d'un sujet en natation. Dans le domaine particulier des notes, le nombre assez élevé de zéros attribués aux étudiants dont le temps de parcours dépassait une certaine limite a été tenu pour responsable de l'absence de corrélation significative. On peut en effet supposer que l'utilisation de cette note masquait une relation possible entre les performances des étudiants et leur masse grasse. Pour pallier cet inconvénient, le chronométrage des épreuves a été substitué aux notes et par conséquent on a calculé un coefficient de corrélation entre les temps mis pour réaliser l'épreuve de natation et les pourcentages de masse grasse des sujets. Les valeurs trouvées pour les groupes de 1966-1967, P2A et P2B, et ceux de 1967-1968, P2A et P2B, ont été respectivement de — 0,25, — 0,20, — 0,27, — 0,22 chez les filles et + 0,12, — 0,10, — 0,30 et — 0,16 chez les garçons. Seul le coefficient — 0,30 est significatif et au seuil 5 %. Ceci indique que dans ce groupe les temps de l'épreuve de natation diminuent, donc que la performance s'améliore, lorsque le pourcentage de masse grasse augmente.

E) RYTHMIQUE

Les coefficients de corrélation obtenus montrent que dans cette discipline, la minceur est facteur ou conséquence de succès.

Ainsi, après avoir envisagé les corrélations entre les notes des étudiants dans chaque discipline et la masse grasse, les conclusions sont les suivantes : chez les filles, principalement pour les groupes P2A 1966-1967 et P2B 1967-1968 qui sont à très peu près composés des mêmes étudiantes, on trouve des coefficients de corrélation significatifs entre les notes de javelot, sol, agrès et rythmique d'une part et la valeur absolue de la masse grasse d'autre part. Chez les garçons, principalement pour les mêmes groupes composés comme précédemment de mêmes étudiants, on trouve des coeficients de corrélation significatifs entre les notes de haies, de disque, de javelot, de perche et de sol d'une part et la valeur absolue de la masse grasse d'autre part. Ces coefficients sont négatifs pour les haies et les exercices au sol, positifs pour les exercices de lancer.

Il est possible qu'une étude fragmentée discipline par discipline ne constitue pas la meilleure méthode pour apprécier les relations entre masse grasse et exercice physique chez des étudiants qui par destination professionnelle ne doivent pas être spécialisés. C'est la raison pour laquelle, on a tenté d'établir une corrélation entre la moyenne des notes obtenues dans toutes les disciplines précédemment étudiées et le pourcentage de masse grasse. Au cours de ces calculs, on a essayé de supprimer l'influence des différences morphologiques sur les résultats. L'indice de SHELDON a été utilisé pour quantifier ces différences. Une corrélation significative et négative entre le pourcentage de masse grasse et les notes globales est trouvée chez les filles pour le groupe P2B 1967-1968 et chez les garçons pour le groupe P2B 1966-1967. Aucune corrélation n'apparaît entre l'indice de SHELDON et les notes globales. On trouve une corrélation négative entre l'indice de SHELDON et le pourcentage de masse grasse chez les filles du groupe P2A 1967-1968 et chez les garçons du groupe P2A 1966-1967. Finalement, les coefficients de corrélation partiels sont significatifs pour le groupe de filles P2B 1967-1968 et presque significatifs pour le groupe de garçons P2B 1966-1967. Ils permettent de conclure que, quelque soit le morphotype, les individus obtiennent dans le domaine des notes un total de points d'autant plus élevé que leur pourcentage de graisse est faible.

Pour terminer cette discussion, il paraît intéressant d'attirer l'attention sur deux faits :

1° Un même groupe, par exemple P2A 1966-1967, P2B 1967-1968, filles ou garçons présente souvent des coefficients significatifs dans plusieurs disciplines, tandis que les autres groupes n'en possèdent pas. On peut tenter d'expliquer ceci en invoquant l'intervention de facteurs variés, différences de formation, de capacité adaptative, de concentration, d'adresse, etc. des individus de la population.

2° Un coefficient de corrélation significatif à un moment peut devenir non significatif à un autre moment pour un même groupe; par exemple, le cofficient de corrélation entre les notes du lancer du disque et la masse grasse (valeur absolue ou pourcentage) pour le groupe de garçons P2A 1966-1967, P2B 1967-1968; par exemple encore, le coefficient de corrélation entre les notes de rythmique et la masse grasse pour le groupe de filles P2A 1966-1967, P2B 1967-1968. Ce fait est difficile à expliquer sinon par un changement de motivation des étudiants vis-à-vis de la discipline ou par un changement des conditions d'entraînement.

CONCLUSION

En vue d'accroître les renseignements fournis par le fichier biotypologique de l'Institut Régional d'Education Physique et Sportive de Toulouse, on a ajouté aux informations morphologiques et fonctionnelles classiques une information constitutive concernant la masse grasse (valeur absolue et pourcentage).

Une méthode anthropologique, fondée sur la mesure de l'épaisseur du pli de graisse et décrite par FLETCHER (1962), a été utilisée pour déterminer la valeur absolue de la masse grasse.

Les résultats obtenus au cours des années scolaires 1966-1967 et 1967-1968 chez 115 filles et 188 garçons candidats au professorat d'éducation physique et sportive ont été étudiés.

Le pourcentage de masse grasse des garçons (environ 9 %) et celui des filles (environ 15 %) permet par référence avec les normes habituelles de classer ces sujets dans la catégorie des individus minces.

A un an d'intervalle, séparant deux années scolaires successives, la valeur absolue de la masse grasse de 29 filles et de 42 garçons n'a présenté aucune variation.

Des coefficients de corrélation significatifs entre les notes obtenues au cours de diverses épreuves et la valeur absolue ou le pourcentage de la masse grasse ont été trouvés pour certains groupes et dans certaines disciplines. Chez les filles, les faibles pourcentages de graisse correspondent aux bonnes notes pour la course de haies, le lancement du javelot et les exercices au sol. Chez les garçons, les faibles pourcentages de graisse correspondent aux bonnes notes pour les courses de haies, mais aux mauvaises notes pour le lancement du disque, du javelot et le saut à la perche. Aucun coefficient de corrélation significatif n'a été trouvé entre les notes de natation et le pourcentage de graisse. Cependant les temps chronométrés lors des épreuves varient en sens inverse du pourcentage de la masse grasse.

Vu et permis d'imprimer :

Toulouse, le 16 juin 1970

Le Doyen :

G. Lazorthes.

BIBLIOGRAPHIE

Allen (T. H.), Peng (M. T.), Chen (K. P.), Huang (T. F.), Chang (C.) et Fang (H. S.) : Prediction of total adiposity from skinfolds and the curvilinear relationship between external and internal adiposity. *Metabolism*, 1956, **5**, 346-352.

Andrivet (R.), Chignon (J. C.) et Leclercq (J.) : Physiologie du sport. Collection « *Que sais-je?* », Paris : Presses universitaires de France, 1965.

Basu (A.), Passmore (R.) et Strong (J. A.) : The effect of exercise on the level of non esterified fatty acids in the blood. *Quart. J. exp. Physiol.*, 1960, **45**, 312-317.

Behnke (A. R.), Feen (B. G.), Welman (W. C.) : The specific gravity of healthy men : body weight, volume and other physical characteristics of exceptional athletes and of naval personnel. *J.A.M.A.*, 1942, **118**, 495-501.

Behnke (A. R.) et Royce (J.) : Body size, shape and composition of several types of athletes. *J. Sports Med. phys. Fit.*, 1966, **6**, 75-88.

Brozek (J.) : Changes in body composition in men during maturity and their nutritional implications : *Fedn. Proc.*, 1952, **11**, 784-793.

Brozek (J.) : Body measurements and human nutrition. Detroit : Wayne University Press, 1956.

Brozek (J.), et Keys (A.) : The evaluation of leanness-fatness in man : norms and interrelationships. *Brit. J. Nutr.*, 1951, **5**, 194-206.

Bruch (H.) : The importance of overweight. New York : Norton, 1957.

Carlson (L. A.), Boberg (J.) et Hogstedt (B.) : Some physiological and clinical implications of lipid mobilization from adipose tissue. In : Handbook of Physiology. Section 5 : Adipose tissue. Washington : *American Physiological Society*, 1965, 625-644.

Carlson (L. A.) et Pernow (B.) : Studies of blood lipids during exercise. I : Arterial and venous plasma concentrations of unesterified acids. *J. Lab. clin. Med.*, 1959, **53**, 833-841.

Costill (D. L.) : The relationship between selected physiological variables and distance running performance. *J. Sports Med. phys. Fil.*, 1967, **7**, 61-66.

Craven (D.) et Jokl (E.) : Medical research in physical education; case histories. *South african Med. J.*, 1945, **19**, 246-248.

Cureton (T. K.) : Physical fitness of champion athletes. Urbana : University of Illinois Press, 1951.

Digiovanna (V.) : The relation of selected structural and functional measures to success in college athletics. *Res. Quart.*, 1943, **14**, 142.

Dill (D. B.), Edwards (H. T.) et Talbott (J. H.) : Studies in muscular activity. VII. Factors limiting the capacity for work. *J. Physiol.*, London, 1932, **77**, 49-62.

Documenta Geigy. Tables scientifiques. 6e Edition. J. R. Geigy S. A. Département pharmaceutique, Ed., Bâle : U.S.C., 1963.

Edelman (I. S.), Haley (H. B.), Schloerb (P. R.), Sheldon (D. B.), Früs-Hansen (B. J.), Stoll (G.) et Moore (F. D.) : Further observations on total body water. I — Normal values throughout the life span. *Surg. Gynec. Obstet.*, 1952, **95**, 1.

Edwards (D. A. W.) : Observations on the distribution of subcutaneous fat. *Clin. Sci.*, 1950, **9**, 259-270.

Edwards (D. A. W.) : Differences in the distribution of subcutaneous fat with sex and maturity. *Clin. Sci.*, 1951, **10**, 305-315.

Edwards (D. A. W), Hammond (W. H.), Healy (M. J. R.), Tanner (J. M.) et Whitehouse (R. H.) : Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness. *Brit. J. Nutr.*, 1955, **9**, 133-143.

Edwards (H. T.), Thorndike (A.) et Dill (D. B.) : The energy requirement in strenuous exercise. *New England. J. Med.*, 1935, **213**, 532-535.

Euler von (U. S.), Hellner-Bjorkman (S.) et Orwen (L.) : Diurnal variations in excretion of free and conjugated noradrenaline and adrenaline in urine from healthy subjects. *Acta physiol. scand.*, 1955, **33**, suppl. n° 118, 10-16.

Fletcher (R. F.) : The measurement of total body fat with skinfold calipers. *Clin. Sci.*, 1962, **22**, 333-346.

François (B.). : Physiopathology of adipose tissue. Excerpta Medica Monograph, Report of third International Meeting of Endocrinologists. Marseille. May 9-12, 1968.

Food and agriculture organization of the U.N. Report of the Committee on caloric requirements. Rome, F.A.O. 1957, *Nutritional Studies n° 15.*

Food and Nutrition Board. Recommanded dietary allowances. Washington : *National Research Council*, 1958, Publ. n° 589.

Garn (S. M.) : Relative fat patterning : individual characteristic. *Hum. Biol.*, 1955, **27**, 75-89.

Gasnier (A.) et Mayer (J.) : Recherches sur la régulation de la nutrition. *Ann. Physiol.*, 1939, **15**, 145-214.

Gray (I.) et Beetham (W. P.) : Changes in plasma concentration of epinephrine with muscular work. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 1957, **96**, 636-638.

Greene (J. A.) : Clinical study of etiology of obesity. *Ann. intern. Med.*, 1939, **12**, 1797-1803.

Havel (R.), Naimark (A.) et Borghgrevink (C.) : Turnover rate and oxydation of free fatty acids of blood plasma in man during exercise : studies during continuous infusion of palmitate 1 — C. *J. clin. Invest.*, 1963, **42**, 1054-1063.

Holmgren (A.) : Circulatory changes during muscular work in man with special reference to arterial and central venous pressures in systemic circulation. *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, 1956, **8**, suppl. n° 24, 1-97.

Horniak (E.) : The results of an anthropometric investigation of women players in the basket ball world championship. *Teor. Praxe tel. Vych.*, 1968, **16**, 169-176.

Ingle (D. J.) et Nezamis (J. C.) : Effect of insulin tolerance of normal male rats to overfeeding of high carbohydrate diet. *Endocrinol.*, 1947, **40**, 353-357.

Insull (W. J.), Sloane (H. S.) et Grossman (M. I.) : A comparison of reproductibility of skinfold thickness measurements with calipers of two designs. Denver : *Medical Nutrition Lab.*, 1954, Report n° 129.

Jokl (E.) : Physiology of exercise. Springfield : Charles C. Thomas, 1964.

Keys (A.) : Caloric requirement of adult man. *Nutr. Abstr. Rev.*, 1949, **19**, 1-10.

Keys (A.) et Brozek (J.) : Body fat in adult man. *Physiol. Rev.*, 1953, **33**, 245-325.

Keys (A.) et Brozek (J.) : Overweight obesity and the evaluation of caloric needs. *Metabolism*, 1957, **6**, 425-434.

Kireilis (R. W.) et Cureton (T. K.) : The relationships of external fat to physical education activities and fitness tests. *Res. Quart.*, 1947, **18**, 123-134.

KRAKOWER (H.) : Skeletal symmetry and high jumping. *Res Quart.*, 1941, **12**, 218-227.

LEE (M.M.S.) : Measurements of human adipose tissue mass. *Human Biol.*, 1959, **31**, 187.

MAYER (J.) : Decreased activity and energy balance in hereditary diabete syndrome of mice. *Science*, 1953 a, **117**, 504-505.

MAYER (J.) : Genetic, traumatic and environmental factors in the etiology of obesity. *Physiol. Rev.*, 1953 b, **33**, 472-508.

MAYER (J.) : Multiple causative factors in obesity. In : Fat metabolism. V.A. Najjar, ed., Baltimore : Johns Hopkins, 1954 a.

MAYER (J.) : Exercise food intake and body weight in normal rats and genetically obese adult mice. *Amer. J. Physiol.*, 1954 b, **177**, 544-548.

MAYER (J.) : Exercise and weight control. In : Science and Medicine of exercise and sport. R. J. Warren, Ed., New-York : Harper and Brothers, 1960.

MCCLOY (C. H.) : Appraising physical status : the selection of measurements. Iowa City, University of Iowa, 1936, thesis.

METHENY (E.) : Some differences in body proportions between american negro and white male college students as related to athletic performance. *Res. Quart.*, 1939, **10**.

PARIZKOVA (J.). : The development of subcutaneous fat in adolescents and the effect of physical training and sport. *Physiol. Bohemoslov.*, 1959, **8**, 112.

PARIZKOVA (J.) : The impact of age, diet, and exercise on man's body composition. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1963, **110**, 661-674.

PARNELL (R. W.) : Some notes on physique and athletic training. *Brit. med. J.*, 1951, **1**, 1292-1303.

PARNELL (R. W.) : Age changes in body built. *Amer. J. Phys. Anthrop.*, 1952, **10**, 75-90.

PASCALE (L. R.), FRANKEL (T.), GROSSMAN (M. I.), FREEMAN (S.), FELLNER (I. L.), BOND (E. E.), RYAN (R.) et BERNSTEIN (L.) : Changes in body composition of soldiers during paratrooper training. Denver : Medical Nutrition Lab., 1955, Report n° 156.

PASCALE (L. R.), GROSSMAN (M. I.), SLOANE (H. S.) et FRANKEL (T.) : Correlations between thickness of skinfolds and body density in 88 soldiers. *Hum. Biol.*, 1956, **28**, 165-176.

RIENDAU (R. P.), WELCH (B. E.), CRISP (C. E.), CROWLEY (L. V.), GRIFFIN (P. E.) et BROCKETT (J. E.) : Fat and Skill. *Res. Quart.*, 1958, **29**, 200.

SHELDON (W. H.), STEVENS (S. S.) et TUCKER (W. B.) : The varieties of human physique. An introduction to constitutional psychology. New York : Harper and Brothers, 1940.

SILLS (F. D.) : Anthropometry in relation to physical performance. In : Science and Medicine of exercise and sports. W. R. Johnson, Ed., New York : Harper and Row Publishers, 1960.

SILLS (F. D.) et EVERETT (P. W.) ; The relationship of extreme somatotypes to performance in motor and strength tests. *Res. Quart.*, 1953, **24**, 223-228.

SILLS (F. D.) et MITCHEM (J.) : Prediction of performance on physical fitness tests by means of somatotype ratings. *Res Quart.*, 1957, **28**, 64.

SNEDECOR (G. W.) : Statistical methods. Ames, Iowa : The Iowa State College Press, 1950.

TANNER (J. M.) : The measurement of body fat in man. *Proc. Nutr. Soc.*, 1959, **18**, 148-155.

TANNER (J. M.), HEARLY (M. J. R.) et WHITEHOUSE (R. H.) : Fat, muscle and bone in the limbs of young men and women : their quantitative interrelationships studied radiologically. *J. Anat.*, 1959, **93**, 563.

TANNER (J. M.) et WHITEHOUSE (R. H.) : The Harpenden skinfold caliper. *Amer J. Phys. Anthrop.*, 1955, **13**, 743-746.

THOMPSON (C. W.), BUSKIRK (E. R.) et GOLDMAN (R. F.) : Changes in body fat estimated from skinfold measurements of college basketball and hockey players during a season. *Res. Quart.*, 1956, **27**, 418-430.

TWIESSELMANN (F.) : Développement biométrique de l'enfant à l'adulte. Presses Universitaires de Bruxelles, Paris : Maloine, 1969.

Van UYTVANCK (P.) et VRIJENS (J.) : Investigations about some body circumference measurements for the appreciation of physical fitness in adolescence. *J. Sports Med. phys. Fit.*, 1966, **6**, 174-182.

VAGUE (J.) : La différentiation sexuelle humaine, ses incidences en pathologie. Paris : Masson & Cie, 1953.

VAGUE (J.), BOYER (J.), JUBELIN (J.) et JUHAN (C.) : Méthodes anthropométriques dans l'évaluation du tissu adipeux et le rapport adiposo-musculaire. *La vie médicale*, 1969, **38**, 4797-4804.

VENDSALU (A.) : Studies on adrenaline and noradrenaline in human plasma. *Acta physiol. scand.*, 1960, **49**, suppl. n° 173, 1-123.

WADE (O. L.) et BISHOP (J. M.). : Cardiac output and regional blood flow. Oxford : Blackwell, 1962.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-Propos 25

Intérêt de la biotypologie morphologique en éducation physique et sportive 29

Intérêt de la mesure de la masse grasse en vue d'une biotypologie constitutive en éducation physique et sportive 35

Méthode 41

Résultats 50

Discussion 65

Conclusion 77

Bibliographie 79

J.F. Impressions, 14, rue Idrac, Toulouse — 8466-6-70